

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

ІМ. І. СІКОРСЬКОГО

Інженерно-хімічний факультет

(повна назва інституту/факультету)

Кафедра автоматизації хімічних виробництв

(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ А.І. Жученко  
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2019 р.

**Дипломний проект**

**на здобуття ступеня бакалавра**

з напрямку підготовки 6.050202 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

на тему: Автоматизація процесу карбоксилювання

Виконав студент 4 курсу, групи ЛА-51

\_\_\_\_\_ Мартиненко Ганна Вікторівна \_\_\_\_\_

(прізвище, ім'я, по батькові)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник \_\_\_\_\_ Оніщенко В.О. \_\_\_\_\_

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Консультант Охорона праці \_\_\_\_\_ к. т. н., доцент Ковтун І.М. \_\_\_\_\_

(назва розділу)

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_

(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному  
проекті немає запозичень з праць інших  
авторів без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2019 року

## Додаток Д.1. ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

[illegible]

**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут»  
ім. І. Сікорського**

Інститут (факультет)      Інженерно-хімічний факультет  
(повна назва)

Кафедра      Автоматизації хімічних виробництв  
(повна назва)

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Напрямок підготовки 6.050202 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології  
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ А.І. Жученко  
(підпис) (ініціали, прізвище)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**на дипломний проект студенту**  
Мартиненко Ганні Вікторівні  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Автоматизація процесу карбоксилування,  
керівник проекту Онiщенко Володимир Олександрович  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «12» травня 2019 р. № 1525

2. Термін подання студентом проекту \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до проекту система керування, що забезпечує задані часові показники якості процесу керування

4. Зміст пояснювальної записки

Аналіз процесу карбоксилування; розробка схеми автоматизації процесу; математичне моделювання реактору; віддалене керування; охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) Схема автоматизації процесу карбоксилювання

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Ковтун І.М., доцент		

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Аналіз процесу карбоксилювання	1.04.2019	
2	Розробка схеми автоматизації	10.04.2019	
3	Отримання математичної моделі реактору	23.04.2019	
4	Дослідження статичного і динамічного режимів об'єкта керування	30.04.2019	
7	Охорона праці	07.05.2019	

Студент

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Мартиненко Г.В.  
(ініціали, прізвище)

Керівник проекту

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Оніщенко В. О.  
(ініціали, прізвище)

# **Пояснювальна записка до дипломного проекту**

на тему: Автоматизація процесу карбоксилювання

Київ – 2019 року

## Реферат

В першому розділі описується отримання алілфеноляту натрія. Дослідження були спрямовані на пошук непрямого параметра, пов'язаного тісним кореляційним зв'язком з основним показником якості – концентрацією алкілсаліцілата натрію - і автоматично вимірюваного в потоці. В якості такого параметра досліджували діелектричну проникність, електропровідність і в'язкість продукту карбоксилювання. Статичний аналіз результатів експериментальних досліджень показує, що кореляційний зв'язок між концентрацією, алкілсаліцілата натрію, електропровідністю і діелектричною проникністю незначна, а між концентрацією і в'язкістю – доволі тісна.

В другому розділі описується схема процесу карбоксилювання, аналізується фізико-хімічні основ процесу з точки зору автоматичного контролю виробництва, розробляється і описується схема дистанційного керування і аварійного захисту електромоторів технологічного процесу, описується робота схеми технологічної сигналізації та схема технологічних блокувань.

У третьому розділі розробляється математична модель процесу карбоксилювання. Математична модель процесу включає рівняння матеріального і енергетичного балансів. Описується дослідження математичної моделі динаміки. При вирішенні питань оптимізації показано, що оптимальним реакційним пристроєм для проведення процесу карбоксилювання є послідовність реакторів змішання.

В четвертому розділі розглядається XML як інструментарій створення гіпермоделей однорідних структур та подібність процесів в системах автоматичного керування і навчання, що дозволяє використовувати WEB-сторінки як засіб автоматичного контролю за виробництвом. Кінцевий користувач отримує доступ до програмно-апаратної майданчику, на якій зведено всі необхідні йому моделі для імітації та дослідження того чи іншого технологічного процесу.

П'ятий розділ містить опис охорони праці на такому виробництві. Міри захисту забезпечують відповідність лінії до вимог охорони праці та навколишнього середовища, безпечну роботу персоналу на лінії виробництва та готовність до надзвичайних ситуацій.

## Abstract

The first section describes the acquisition of sodium allylphenolate. The research was aimed at finding an indirect parameter associated with a close correlation with the basic quality indicator - the concentration of alkyl salicylate sodium - and is automatically measured in the flow. As a parameter, dielectric permittivity, electrical conductivity and product viscosity of carboxylation were studied. A static analysis of the experimental results shows that the correlation between the concentration of sodium alkylsalicylate, conductivity and dielectric permeability is negligible, and between the concentration and the viscosity is rather tight.

The second section describes the scheme of the carboxylation process, analyzes the physical and chemical bases of the process in terms of automatic control of production, develops and describes the scheme of remote control and emergency protection of electromotors of the technological process, describes the work of the scheme of technological signaling and the scheme of technological blockages.

In the third section a mathematical model of the carboxylation process is developed. The mathematical model of the process includes the equation of the material and energy balances. A study of the mathematical model of dynamics is described. When solving optimization problems, it has been shown that the optimal reaction device for carrying out the carboxylation process is a sequence of mixing reactors.

In the fourth section, XML is considered as a tool for the creation of homogeneous structures of hypermodels and the similarity of processes in automatic control and teaching systems, which allows the use of WEB-pages as a means of automatic control of production. The end user receives access to the software-hardware platform, which contains all the necessary models for it to simulate and study a particular process.

The fifth section contains a description of labor protection in such production. Protection measures ensure that the line meets the requirements of occupational safety and the environment, safe operation of the personnel on the line of production and emergency preparedness.

## Зміст

Вступ .....	4
1. Алкілфенолят натрію та способи його добування.....	5
2. Опис схеми процесу карбоксилювання .....	24
2.1. Опис схеми процесу карбоксилювання .....	24
2.2 Аналіз фізико-хімічних основ процесу з точки зору автоматичного контролю виробництва.....	26
2.3. Розробка схеми автоматизації .....	27
2.4 Постановка задачі до розробки схеми дистанційного керування і аварійного захисту електромоторів технологічного процесу. ....	28
2.5. Опис роботи принципової електричної схеми з дистанційного керування вмикання та вимикання .....	29
2.6. Опис роботи системи з аварійного захисту з електромоторів технологічного процесу .....	30
2.7.Опис роботи схеми технологічної сигналізації. ....	31
2.8. Технологічні блокування. ....	33
2.9.Опис роботи схеми технологічних блокувань.....	34
3. Моделювання математичної моделі реактору .....	35
3.1. Математична модель статички. ....	35
3.2. Математична модель динаміки процесу карбоксилювання .....	44
3.3.Дослідження математичної моделі динаміки процесу карбоксилювання .....	47
4. Віддалене керування.....	53
4.1. Корпоративний портал.....	53
4.2. XML як інструментарій створення гіпермоделей однорідних структур .....	54

					ДП 5114. 00.000 ПЗ						
З	Л	№ докум.	Підп	Дат							
Розроб	Мартиненк				Автоматизація процесу карбоксилювання	Літ.		Арк.		Аркушів	
Перев											
Реценз						НТУУ “КПІ”, ІХФ, ЛА-51					
Затв.											



4.3. Подібність процесів в системах автоматичного керування і навчання.....	58
4.4. Узагальнена структура порталу .....	63
4.5. Інтеграція розподілених WEB-серверів .....	68
4.6. Висновки.....	70
5. Охорона праці .....	72
5.1. Шум.....	72
5.2. Повітря робочої зони.....	74
5.3. Електробезпека .....	75
5.4. Пожежна безпека .....	77
Висновки.....	79
Література.....	80
Додаток .....	

## Вступ

Складність і висока швидкість технологічних процесів в хімічній промисловості, їх чутливість до порушень режиму, а також до вибухопожежної небезпеки та шкідливих умов праці також підвищуються, що привертає увагу до завдань автоматизації хімічних і технологічних процесів. Автоматизоване управління й управління технологічними процесами гарантують високу якість продукту, розумне застосування сировини та енергії, продовження часу капітального ремонту обладнання, скорочення чисельності технічного персоналу.

Реакція Кольбе — Шмітта або процес Кольбе (названі на честь Германа Кольбе та Рудольфа Шмітта) — хімічна реакція, котра є методом отримання ароматичних гідроксикислот і полягає у карбоксилюванні феноляту натрію під дією діоксиду карбону у жорстких умовах (тиск 100 атм., температура 125 °C) із наступною обробкою суміші кислотою.

В промисловості ця реакція використовується для синтезу саліцилової кислоти, яка є прекурсором аспірину, а також  $\beta$ -гідроксинафтойної та інших кислот. Реакції Кольбе — Шмітта та її застосуванню був присвячений огляд.

					ДП-1.ЛА-5114.000.001	
3	А	№ докум.	Підп	Д		

## 1 . Отримання алкілфенолята натрію

Виконані дослідження стаціонарних режимів дозволили, і виходячи з умов економічної доцільності при реалізації процесу, сформулювати основні вимоги до автоматичної системи управління процесом алкінування фенолу а-олефінами в нерухомому шарі катіонообмінної смоли КУ-2.

Слід зазначити, що стаціонарний режим процесу алкінування протікає (при його квазіізотермічеської орієнтації) в стійкій області на каталізаторі, який тривалий час зберігає свою активність. Тому основне завдання автоматичної системи управління процесом становить стабілізація обраних оптимальних значень керованих технологічних параметрів процесу.

Виходячи з основної мети і особливостей досліджуваного процесу, була розроблена автоматична система управління, яка включає ряд локальних автоматичних систем регулювання (АСР): АСР мольного співвідношення фенолу і а-олефінів у вихідній суміші, АСР температури вихідної суміші фенолу і а-олефінів, АСР температури в шарі контакту(по числу секцій).

Функціональна схема автоматичної системи управління процесом приведена на рис 1.1.

					ДП-1.ЛА-5114.000.001	
3	А	№ докум.	Підп	Д		



збільшенні величини  $M$  не виключена можливість незворотного переходу процесу в квазіадіабатичний режим, що неприпустимо через руйнування катіоніта при високих температурах. Тому автоматичне регулювання мольного співвідношення реагентів у вихідній суміші потрібно визнати необхідним.

Автоматична система регулювання величини мольного співвідношення реагентів включає в себе наступні елементи: датчики витрати 1-1, 2-1 типу РПО, вторинний реєструючий прилад 1-3 типу ПВ4.3Е, регулятор співвідношення 2-2 типу ПР3.23, байпасну панель дистанційного управління 2-3 типу ВПДУ і регулюючий клапан 2-4 типу МКН.

Регулювання величини оптимальної витрати реакційної з домішки  $G^0$  досягається стабілізацією парціальної витрати фенолу на рівні, який відповідає цій оптимальній витраті  $G^0$ , і реалізація витрати а-олефінів, виходячи з оптимального мольного співвідношення реагентів  $M^0$  у вихідній суміші. Автоматична система регулювання витрати фенолу включає в себе датчик витрати 1-1 типу РПО, ізодромний регулятор 1-4 типу ПР3-21, вторинний реєструючий прилад 1-3 типу ПВ4.3Е, байпасну панель 1-5 типу БПДУ і регулюючий клапан 1-6 типу МКН.

Підтримка оптимальної температури вихідної реакційної суміші  $T^0_0$  можливо шляхом стабілізації температури в змішувачі 8, проте при такому підході важко очікувати (внаслідок традиційно низької швидкодії АСР апаратами змішування) високої якості регулювання. Тому варто використовувати змішувач 8 для розігріву реакційної суміші до температури, при якій, а -олефіни повністю розчиняються в фенолі (353 К), а остаточний підігрів і регулювання ( $T^0_0 = 413$  К) здійснювати з використання теплообмінника 1. В цьому випадку, застосовуючи схему з байпасом, швидкодія автоматичної системи регулювання температури вихідної суміші  $T^0_0$  буде незрівнянно вища.

АСР температури вихідної суміші включає в себе термопару 3-1, електронний автоматичний потенціометр з ізодромним регулятором 3-3 типу

					ДП-1.ЛА-5114.000.001	
3	А	№ докум.	Підп	Д		

КСП-3, модель 1800, байпасну панель 3-3 типу БПДУ й регулюючий клапан 3-4 типу МКН.

Оптимальні температурні умови проведення реакції досягаються стабілізацією гранично допустимої температур реакції  $T_0^0 = 413$  К в кожній секції реактора алкілірування. Температура  $T$  в шарі контакту регулюється зміною температури хладоагента  $T_x$  на вході в секцію охолодження змішувиків при постійній витраті хладоагента.

АСР температури в шарі контакту першої секції включає (як і АСР будь-якої іншої секції) наступні елементи: датчик температури 4-1, електронний автоматичний потенціометр з ізодромним регулятором 4-2 типу КСП-3, модель 1800, байпасну панель 4-3 і два паралельно працюючих клапани ВО 4-4 і ВЗ 4-5 типу УКС.

До роботи АСР температури в шарі контакту висуваються жорстокі вимоги щодо точності стабілізації керуючих параметрів. Так як оптимальна температура синтезу знаходиться в області максимально допустимих температур, параметри настройки регуляторів повинні бути такими, щоб при підвищенні температури в шарі контакту був забезпечений монотонний характер перехідного процесу (без перерегулювання). Це дозволить запобігти перегріву каталізатора. При збільшенні температури в шарі контакту необхідно скоротити час існування високих температур до мінімуму, різко знижуючи температуру холодоагенту так, щоб при перерегулюванні зберігався монотонний характер перехідного процесу.

Однією з основних, визначаючих якість готової продукції, стадій у виробництві ряду алкілсаліцилатних присадок є карбоксилювання алкілфеноляту натрію вуглекислим газом. Процес карбоксилювання був детально вивчений як об'єкт автоматизації. При постійній початковій концентрації вихідного алкілфеноляту натрію стабілізація концентрації алкілсаліцилата натрію в продукті карбоксилювання може бути досягнута стабілізацією витрати реагентів, тиску вуглекислого газу в системі,

					ДП-1.ЛА-5114.000.001	
3	А	№ докум.	Підп	Д		

температури реакційної суміші на вході в реакційний пристрій, температури в кожному з реакторів.

Виходячи з цього, автоматичну систему управління процесом карбоксилювання можна уявити як сукупність стабілізуючих автоматичних систем регулювання (АСР): витрат алкілфеноляту натрію і вуглекислого газу, що йдуть на карбоксилювання; тиску вуглекислого газу в реакційному пристрої; температури реакційної суміші на вході в перший реактор; температури в кожному з реакторів. Автоматична стабілізація витрат вуглекислого газу і алкілфеноляту натрію не викликає ніяких ускладнень при реалізації; автоматична стабілізація тиску вуглекислого газу в системі досягається зміною його витрати на виході з останнього реактора.

Більш докладніше слід зупинитися на системах автоматичного регулювання температури реакційної суміші на вході в перший реактор і температури в кожному реакторі. Процес карбоксилювання супроводжується досить значним ізотермічним ефектом, причому в першому реакторі виділяється 90% всього тепла. Тому при реалізації оптимального ізотермічного режиму в першому реакторі доцільно використовувати тепло, що виділяється в ході реакції. В зв'язку з цим оптимальне значення температури реакційної суміші на вході реактор, що визначається з рівняння теплового балансу з урахуванням автотермічності процесу, становить 373 К. Автоматична стабілізація температури в цьому випадку забезпечується зміною витрати алкілфеноляту натрію, що йде на карбоксилювання по вільній лінії (байпасу). Температуру в кожному з реакторів (як показало дослідження параметричної чутливості об'єкта) доцільно стабілізувати, змінюючи температуру теплоносія на вході в реакційний пристрій.

При розробці структури автоматичної системи керування процесом карбоксилювання прийнято, що об'єкт управління є статичним. Оптимальні значення, на яких система автоматичного регулювання стабілізує ряд режимних параметрів, отриманих в результаті статичної оптимізації при цілком конкретному (регламентованому) значенні початкової концентрації

					ДП-1.ЛА-5114.000.001	
3	А	№ докум.	Підп	Д		

алкілфенолята натрію. Але, як показав аналіз роботи промислової установки, цей параметр коливається в сторону зменшення поточної концентрації відносно регламентованої.

В результаті дослідження статистики процесу отримана залежність концентрації алкілсаліцилата натрію в продукті карбоксилювання від початкової концентрації алкілфенолята натрію. Очевидно, що навіть при незначних (не більше 1% відрегламентованої величини) коливаннях початкової концентрації алкілфенолята натрію і при постійності всіх інших параметрів забезпечити сталість концентрації алкілсаліцилата натрію в продукті карбоксилювання не є можливим. Її зниження призводить до втрати активної речовини, зниження техніко-економічної ефективності виробництва і погіршенню якості отримуваної присадки.

Найбільш раціональним способом точної стабілізації концентрації алкілсаліцилата натрію в продукті карбоксилювання при наявності збурюючого впливу з боку початкової концентрації алкілфенолята натрію (без застосування обчислювальної техніки) є побудова автоматичної системи управління за принципом замкнутого циклу. При такому циклі передбачається безперервний автоматичний контроль концентрації алкілсаліцилата натрію в потоці і видача відповідного керуючого впливу до повної компенсації розбалансу між поточним і заданим значеннями основного керованого параметра.

Аналіз параметричної чутливості і динамічних властивостей об'єкта показав, що найбільш прийнятним керуючим впливом на процес карбоксилювання при такому способі управління є зміна тиску вуглекислого газу в системі. Змінювати тиск доцільно при одночасній зміні витрати вуглекислого газу, що йде на карбоксилювання і виходить із системи. Реалізація даного способу автоматичного управління неможлива без автоматичного контролю основного показника якості продукту карбоксилювання в потоці.

					ДП-1.ЛА-5114.000.001	
3	А	№ докум.	Підп	Д		



Дослідження були спрямовані на пошук непрямого параметра, пов'язаного тісним кореляційним зв'язком з основним показником якості – концентрацією алкілсаліцилата натрію - і автоматично вимірюваного в потоці. В якості такого параметра досліджували діелектричну проникність, електропровідність і в'язкість продукту карбоксилювання. Статичний аналіз результатів експериментальних досліджень показує, що кореляційний зв'язок між концентрацією, алкілсаліцилата натрію, електропровідністю і діелектричною проникністю незначна, а між концентрацією і в'язкістю – доволі тісна.

На підставі проведених комплексних досліджень розроблена автоматична система управління процесом карбоксилювання, яка легко реалізується на пристроях, що випускається серійно, проста і надійна в експлуатації. Функціональна схема автоматичної системи управління представлена на рис 1.2. Впровадження такої системи дозволило підвищити техніко-економічну ефективність виробництва, забезпечити отримання продукту заданої стабільної якості і полегшити управління наступними стадіями виробництва алкілсаліцилатних присадок.

					ДП-1.ЛА-5114.000.001	
3	А	№ докум.	Підп	Д		

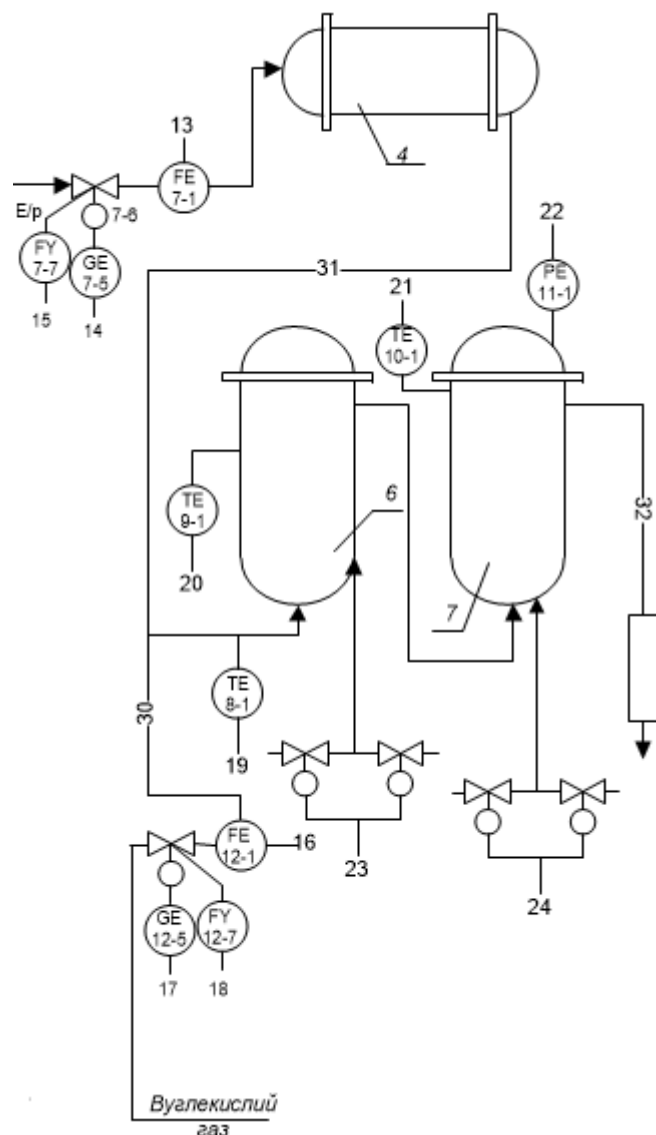


Рис. 1.2. Функціональна схема автоматичної системи керування процесом карбоксилювання алкенілфеноляту натрію.

Основним завданням автоматичного управління процесом карбонатації у виробництві алкілсаліцилатних присадок є стабілізація активної речовини в готовій присадці. Установлено, що для вирішення цього завдання необхідно стабілізувати на заданому рівні концентрацію алкілсаліцилових кислот в реакційній суміші, а також співвідношення витрат кислот, гідроксиду кальцію і вуглекислого газу.

Задачу стабілізації концентрації алкілсаліцилових кислот в реакційній суміші можна вирішити, безперервно реєструючи зміни якості кислот на вході в реактор і відповідної зміни витрати масла, в якому кислоти повністю розчинні. Досліджено кореляційну залежність між в'язкістю і концентрацією

алкілсаліцилових кислот в напівпродукті. Високе значення коефіцієнта кореляції (0,85) дозволило в якості керованого параметра вибрати в'язкість алкілсаліцилових кислот, яка може бути виміряна в потоці віскозиметром ВВН-3. Надзвичайно складним тут є регулювання співвідношень реагентів. Суть проблеми заключається наступному.

Для стабілізації змісту активної речовини в готовій присадці питомі витрати олії-розчинника і гідроксиду кальцію повинні відповідним чином коригуватися при кожній зміні концентрації активної речовини алкілсаліцилових кислот. Однак зі зміною змісту активної речовини в кислотах питомі витрати цих компонентів повинні змінюватися в різних пропорціях. Отже, потрібно одночасна зміна як абсолютних кількостей компонентів, так і їх співвідношення або витрати і складу суспензії. У той же час оперативна зміна складу суспензії не представляється можливим, так як вузол виготовлення суспензії характеризується значним транспортним і емпіричним запізненням.

Пропонована система автоматичного управління безперервним процесом карбонатації забезпечує вирішення даної проблеми і дозволяє отримувати присадку високої якості. Функціональна схема приведена на рис. 1.3.

					ДП-1.ЛА-5114.000.001	
3	А	№ докум.	Підп	Д		

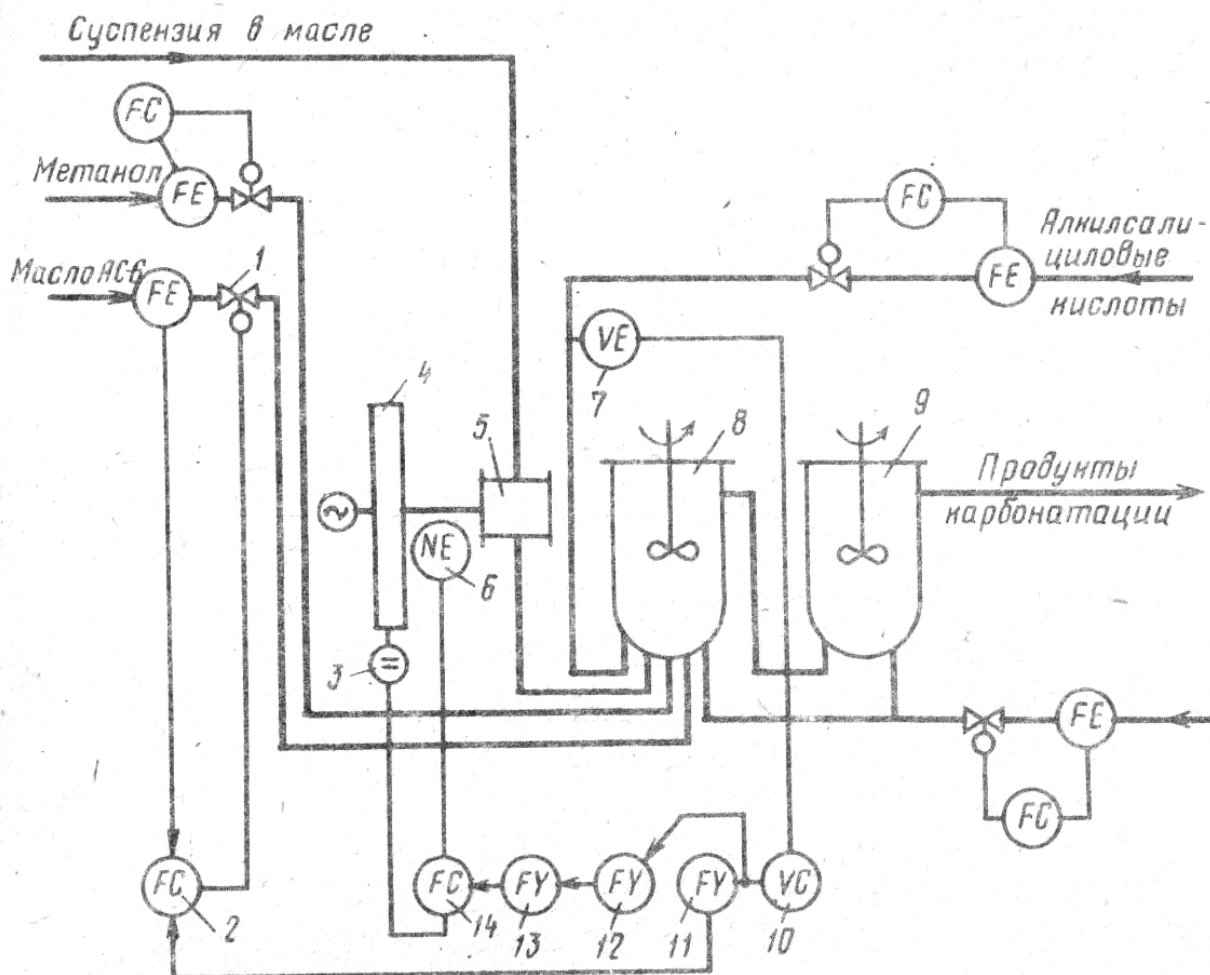


Рис. 1.3. Функціональна схема системи автоматичного керування неперервним процесом карбонатації.

Система працює наступним чином. Співвідношення масла і гідроксида кальцію в приготіваній суспензії вибирають в розрахунку на нижню допустиму межу зміни концентрації активної речовини в алкілсалицилових кислотах (60%) і установлена їх витрата. Витрати алкілсалицилових кислот, що надходять в реактор-карбонататор 8, метанолу і вуглекислого газу стабілізуються локальними системами автоматичного регулювання на рівні, визначеному продуктивністю установки.

При відхиленні в'язкості алкілсалицилових кислот, яка вимірюється датчиком віскозиметра 7, від нижнього допустимого її значення функціональний блок віскозиметра 10 формує керуючий сигнал, пропорційний вказаному відхиленню в'язкості, і посиляє його в блоки множення сигналів на постійний коефіцієнт 11, 12.

Керуючий сигнал, змасштабований в блоці 11, вводиться в якості коригуючого в регулятор витрати 2, керуючий подачею додаткової кількості масла за допомогою регулюючого клапана 1.

Одночасно керуючий сигнал, помножений в блоці 12, перетворюється з пневматичного в електричний перетворювач 13 і надходить в регулятор 14, керуючи витратою масляної суспензії стабільної концентрації в карбонататор 8 за допомогою дозатора 5.

Продуктивність дозатора автоматично змінюється цепним варіатором ВЦ-1 4 в результаті дистанційної зміни передавального числа обертів останнього. Датчиком числа оборотів на виході варіатора служить автоматичний тахометр 6, електричний сигнал якого, пропорційний витраті масляної суспензії, надходить в регулятор 14. Вихідний сигнал регулятора 14 впливає на реверсивний двигун постійного струму 3, змінюючи передавальне число варіатора 4.

Коефіцієнт блоку множення 11 підбирається так, щоб при зміні концентрації активної речовини алкілсаліцилових кислот в напівпродукті сумарна кількість масла, що надходить ного в карбонататор 8 в складі суспензії і безпосередньо подається в нього в чистому вигляді, змінювалася, забезпечуючи стабілізацію концентрації алкілсаліцилових кислот в реакційній суміші на заданому рівні.

Коефіцієнт блока множення 12 вибирають таким, щоб кількість гідроксиду кальцію, що надходить з суспензією в карбонататор 8, відповідав поточному значенню концентрації алкілсаліцилових кислот в продукті. З реактора 8 продукти карбонатації надходять в мішалку 9 і далі на подальші стадії виробництва присадок.

Таким чином, управління витратою гідроксиду кальцію в маслі і сумарною витратою масла здійснюють в відповідності до зміни концентрації активної речовини алкілсаліцилових кислот.

					ДП-1.ЛА-5114.000.001	
3	А	№ докум.	Підп	Д		

Застосування системи дозволяє скоротити витрату реагентів, оскільки їх витрата оптимальна, скоротити вихід браку, отримати присадки стабільної якості.

Традиційно управління процесом взаємодії алкілфенолу з гідроксидом натрію у виробництві алкілсаліцилатних присадок здійснюється вручну, зміною витрати водного розчину їдкого натру, що подається на процес, в залежності від періодично вимірюваного лабораторним способом змісту активного водню в вихідному алкілфеноляті натрію. Однак цей спосіб вимагає безпосередньої участі людини у веденні процесу, характеризується великими запізненнями керуючих впливів на об'єкт управління, не забезпечує стабілізацію на заданому рівні основного показника якості процесу - ступеня перетворення алкілфенола в алкілфенолят натрію.

Система автоматичного управління процесом отримання алкілфенолята натрію базується на способі автоматичного управління, реалізація якого заснована на контролі і зміні витрати водного розчину гідроксиду натрію, стабілізації витрати алкілфенолу; витрата лугу змінюють в відповідності зі зміною різниці в'язкості в одержуваному продукті і в вихідному алкілфенолі, скоригованої за кількістю води, що міститься в вихідному продукті.

Ступінь перетворення алкілфенолу в алкілфенолят натрію визначають за формулою:

$$R = \{[H_a(\text{АФ}) - H_a(\text{АФNa})/H_a(\text{АФ})]\}100, (1.1)$$

де  $H_a(\text{АФ})$  - вміст активного водню в вихідному алкілфенолі, %(мас.);

$H_a(\text{АФNa})$  - вміст активного водню в вихідному продукті, %(мас.).

Таким чином, автоматичний контроль поточного значення  $R$  ведуть зі зміни витрати лугу, що дозволяє домогтися стабілізації  $R$  на заданому рівні, тим самим здійснити автоматичне керування процесом.

Кореляційний зв'язок між в'язкістю одержуваного продукту і змістом активного водню в ньому дає коефіцієнт кореляції  $r = 0,95$ , а між в'язкістю вихідного алкілфенолу і  $H_a$  в ньому  $r = 0,916$ . Встановлено, що  $H_a(\text{АФ})$  - величина змінна, тому ступінь перетворення алкілфенолу в алкілфенолят

					ДП-1.ЛА-5114.000.001	
3	А	№ докум.	Підп	Д		

буде однозначно характеризуватися тільки різницею в'язкостей в вихідному продукті і в вихідному алкілфенолі.

Величину різниці в'язкостей необхідно коригувати по вмісту води в вихідному продукті, так як зі зміною витрати водного розчину їдкого натру (постійної концентрації), що подається на процес, змінюється кількість, що надходить з ним в реактор води. На рис. 1.4 представлена схема системи автоматичного управління процесом отримання алкілфенолята натрію.

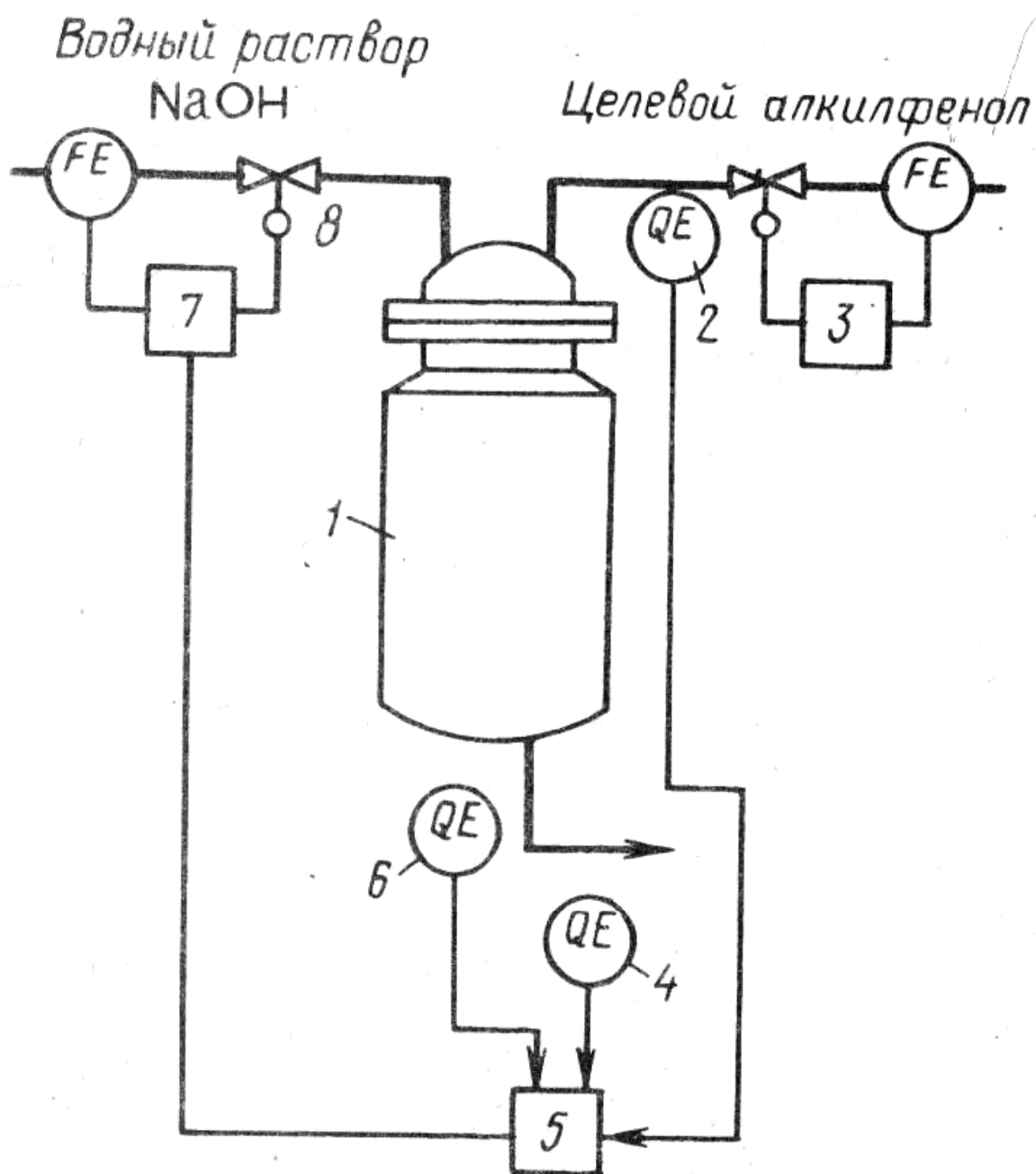


Рис. 1.4. Система автоматичного керування процесом отримання алкілфенолята натрію.

Система автоматичного управління процесом працює наступним чином.

Витрата цільового алкілфенолу в реакторі 1 стабілізується регулятором витрати 3. Сигнали від датчиків віскозиметрів 2 і 4, пропорційні відповідно в'язкості цільового алкілфенолу і одержуваного продукту, надходять в функціональний блок 5, де за формулою (1) формується сигнал, пропорційний ступеню перетворення  $R$ . Від датчика влагомера 6 в функціональний блок 5 надходить коригувальний сигнал, пропорційний вмісту води в вихідному продукті. Вихідний сигнал функціонального блоку 5 надходить в регулятор 7 витрати лугу, де порівнюється із завданням. Регулятор 7 керує положенням регулюючого органу 8, змінюючи тим самим витрата лугу в реактор 1.

Наглядно проілюструвати роботу схеми можна на прикладі переходу системи з одного стаціонарного стану в інший під впливом збурення.

При відхиленні різниці в'язкості вихідного алкілфенолу і одержуваного продукту від заданого значення вихідний сигнал блоку 5 змінюється пропорційно зміні різниці в'язкості, і виникає сигнал неузгодженості між новим значенням вихідного сигналу блоку 5 і завданням регулятору 7. Регулятор 7 виробляє відповідний керуючий вплив на зміну положення регулюючого органу 8.

Використання системи автоматичного управління процесом взаємодії алкілфенолу з гідроксидом по безперервному способу забезпечує стабілізацію якості одержуваного алкілфенолята натрію і підтримання його на заданому рівні.

При розробці системи автоматичного управління процесом зневоднення алкілфенолята натрію у виробництві алкілсаліцилатних присадок прийняті принципи синтезу систем управління об'єктами з випадковими властивостями. Управління являють собою такий спосіб проведення процесу, який забезпечує досягнення максимального наближення реального процесу

					ДП-1.ЛА-5114.000.001	
3	А	№ докум.	Підп	Д		



до критерію, що характеризує його оптимальність. Для випадкових процесів відомі системні управління, в яких зазначена мета досягається з максимальним використанням поточної інформації про стан об'єкта.

Система містить: послідовно з'єднані вимірювач поточного значення збурення, пневмоелектричний перетворювач, обчислювач середньоарифметичного значення збурення, блок формування керуючого впливу; послідовно з'єднані формувач функціональної залежності збурюючого і керуючого впливів, блок формування керуючого впливу, перший електропневматичний перетворювач, вхід якого підключений до об'єкта; послідовно з'єднані вимірювач поточного значення керованого параметра, другий пневмоелектричний перетворювач, обчислювач середньоарифметичного значення керованого параметра, блок порівняння, блок корекції, вихід якого підключений до третього входу блоку формування керуючого впливу, другий вхід – до виходу задатчика коефіцієнта пропорційності; другий вхід блоку порівняння з'єднаний з виходом задатчика керованого параметра.

Пропонована система автоматичного управління відрізняється від відомих тим, що в систему вводять формувачі інтервалів часу між вимірами поточних значень керованого параметра і між вимірами поточних значень обурення, два лічильники числа інтервалів, диференціатор і перемикачі, виходи яких з'єднані з входами вимірювачів поточних значень збурення і керованого параметра, перший і другий входи - відповідно з виходами об'єкта і першими виходами формувачів інтервалів часу між вимірами поточних значень обурення і керованого параметра. Другі виходи формувачів підключені до входів відповідних лічильників інтервалів часу, виходи яких приєднані до других входів обчислювача середньоарифметичних значень збурення і керованого параметра, а третій вихід формувача інтервалів часу між вимірами поточних значень збурення підключень до першого входу диференціатора, другий вхід останнього

					ДП-1.ЛА-5114.000.001	
3	А	№ докум.	Підп	Д		

з'єднаний з виходом обчислювача середньоарифметичного значень збурення, вихід - до четвертого входу блоку формування керуючого впливу.

Блок-схема системи автоматичного управління процесам зневоднення представлена на рис. 1.5.

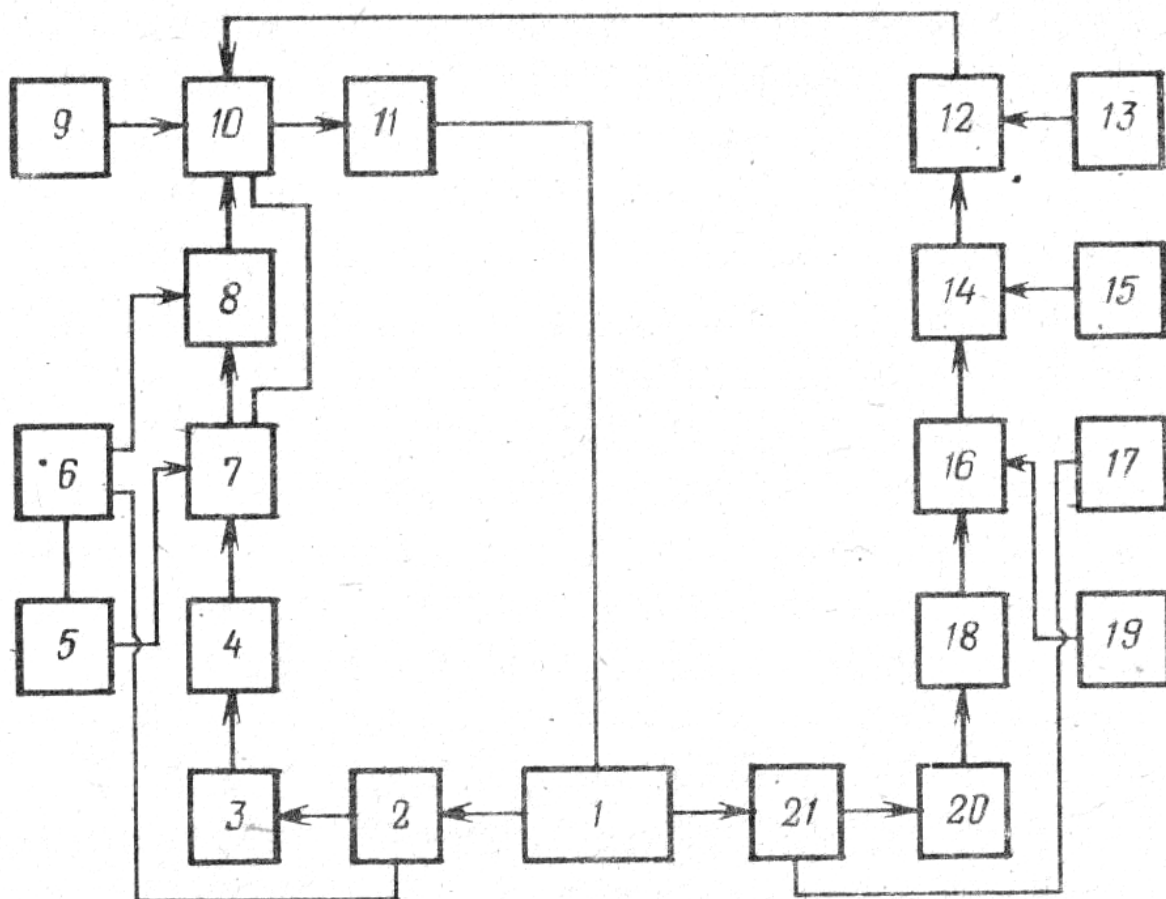


Рис. 1.5. Блок-схема системи автоматичного керування процесом зневоднення алкілфенолята натрію.

Система містить об'єкт управління 1, вимірювач 8 поточних значень збурення, перемикач 2, формувач 6 інтервалів часу між вимірами поточних значень збурення, пневмoeлектричний перетворювач 4, обчислювач 7 середнього арифметичного значення збурення, диференціатор 8, формувач функціональної залежності збурюючого і керуючого впливу 9, блок формування керуючого впливу 10, електропневматичний перетворювач 11, лічильник 5 числа інтервалів, вимірювач 20 поточних значень керованого параметра, перемикач 21, формувач 17 інтервалів часу між вимірами

керованого параметра, другий пневмoeлектричний перетворювач 18, обчислювач 16 середньоарифметичного значення керованого параметра, блок порівняння 14, блок корекції 12, задатчик 13 коефіцієнта пропорційності, лічильник 19 числа інтервалів, задатчик 15 керованого параметра.

Пристрій працює наступним чином.

Керуючий вплив, який надходить на об'єкт 1, вимірюється вимірювачем поточних значень 3 через перемикач 2, керований формувачем 6, і через пневмoeлектроперетворювач 4 надходить на обчислювач 7 для обчислення середнього арифметичного значення  $x_1$ . Далі визначається швидкість зміни цих середніх за час між суміжними вимірюваннями  $dx_1/dt$ . Сигнали середніх значень обурення  $x_1$  з блоку 7 і швидкостей  $dx_1/dt$  з диференціатора 8, а також сигнал завдання функціональної залежності з формувача 9 надходять в блок 10, де формується керуючий вплив  $F_n$ , який через електропневмоперетворювач 11 посиляє сигнал на виконавчий орган для впливу на температуру реактора, де відбувається процес зневоднення.

Контролюючи керований параметр і обчислюючи його середнє арифметичне значення  $y$  (аналогічно, як і  $y$  збурення) і за певний інтервал часу, порівнюють це значення з необхідним значенням  $y_r$ . У разі відхилення дійсного значення від розрахункового сигнал неузгодженості з блоку 14 надходить в блок 12 для формування коригуючої дії, яка надходить в блок 10 і підсумовується з уже наявним керуючим впливом.

Застосування системи автоматичного управління процесом зневоднення дозволяє домогтися підвищення точності і чутливості системи і забезпечити найбільше узгодження характеру зміни керуючого впливу з характером зміни обурення, що призводить до підвищення стійкості керованого параметра і в кінцевому підсумку до поліпшення якості одержуваного продукту.

Процес формальдегідної конденсації вуглеводнів в виробництві алкілсаліцилатних присадок проводять з метою збільшення їх молекулярної маси і, як наслідок, зміни їх функціональних властивостей. Механізм цього

					ДП-1.ЛА-5114.000.001	
3	А	№ докум.	Підп	Д		

процесу, як правило, являє собою складну паралельно-послідовну реакцію, спрямованість якої визначається режимом процесу.

Так, для конденсації одного з напівпродуктів виробництва високолужних, миючих, диспергируючих, антиокислювальних, алкілсаліцилатних присадок режим визначається вихідною концентрацією водного розчину формальдегіду, мольним співвідношенням вихідних реагентів, часом контакту і температурної реакції.

Дослідження статистики і динаміки процесу, а також розрахунок отриманої математичної моделі за допомогою агрегатної системи засобів обчислювальної техніки (АСВТ) М-4030 методом деформованого багатогранника за програмою Флепсимплекс дозволили визначити оптимальні значення параметрів процесу.

Крім того, дослідження показали, що залежність виходу і продукту від температури реакції носить нелінійний характер і має яскраво виражений оптимум, відхилення від якого, особливо в статичному режимі, загрожує різким зниженням виходу продукту. Найбільш чутливим параметром в умовах динаміки процесу є мольне співвідношення вихідних реагентів.

Таким чином, автоматична система управління процесом конденсації вуглеводнів формальдегідом повинна включати ряд локальних автоматичних систем регулювання (АСР):

співвідношення витрат вихідного продукту і формальдегіду з корекцією витрати формальдегіду в залежності від якості з сировини;

температури реакційної суміші;

температури вихідного продукту.

Функціональна схема системи автоматичного управління процесом представлена на рис. 1.6.

					ДП-1.ЛА-5114.000.001	
3	А	№ докум.	Підп	Д		

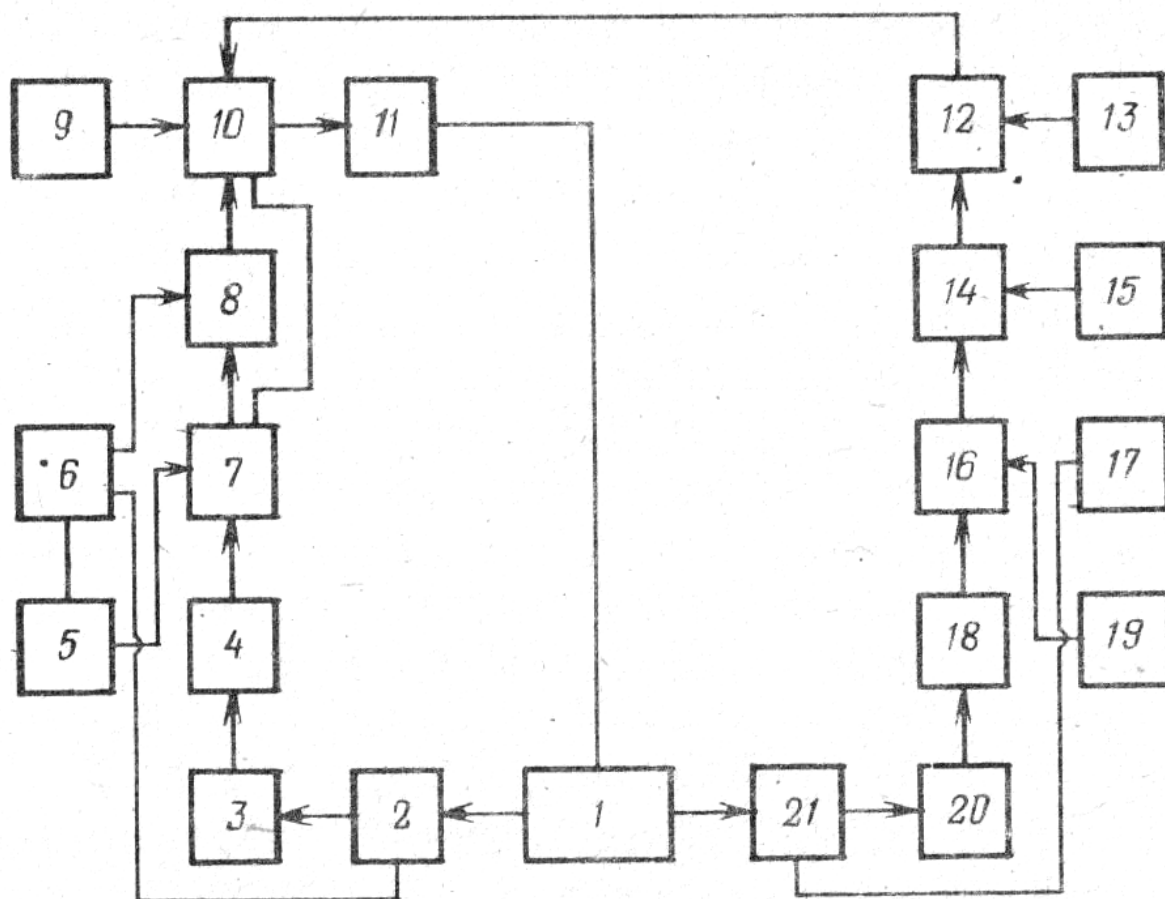


Рис. 1.6. Функціональна схема системи автоматичного керування процесом взаємодії формальдегіда з вуглеводнями.

Автоматична система регулювання співвідношення витрат включає в себе датчики витрати 1а, 2а – ротаметри типу РПО, вторинний реєструючий прилад 1в типу ПВ4.3Е, ізодромний регулятор 1г типу ПР3.2.1, регулятор співвідношення 2г типу ПР3.24 і регулюючі клапани 1е, 2е типу ПКС, датчики віскозиметра 3а типу ВВН-3 і перетворювач 3б.

Температура вихідної сировини стабілізується в холодильнику, що досягається зміною витрати холодоагента. Ця автоматична система складається з датчика температури - термоелектричного термометра 5а, електронного автоматичного потенціометра з ізодромним регулятором 5б типу КСП-3 і регулюючого клапана 5г типу ПКС.

Стабілізація оптимальних температурних режимів здійснюється регулюванням витрати теплоносія на вході в сорочку реактора зсуву. АСР

температури в реакторі містить наступні елементи: датчик температури термоелектричний термометр 4а, електронний автоматичний потенціометр з ізодромним регулятором 4б типу КСП-3 і регулюючий клапан 4г типу ПКС.

З огляду на складність процесу основними вимогами, що висуваються до системи управління, є її стабільність і чітке налагодження параметрів настройки.

Висока точність роботи системи регулювання температури реактора досягається налаштуванням параметрів ізодромного регулятора, що забезпечує підтримку температури в строго заданому діапазоні.

					ДП-1.ЛА-5114.000.001	
3	А	№ докум.	Підп	Д		

## 2. Опис схеми процесу карбоксилювання.

### 2.1. Опис схеми карбоксилювання.

### 2.2 Аналіз фізико-хімічних основ процесу з точки зору автоматичного контролю виробництва.

На підставі здійсненого аналізу особливостей технологічного процесу карбоксилювання слід передбачити автоматичний контроль таких параметрів:

- витрата фенолу, що надходить в змішувач 8;
- витрата  $\alpha$ -олефінів, що надходять в змішувач 8;
- витрата алкілфенолята натрію, що надходить в теплообмінник 4;
- температура суміші, що заходить в реактор 5;
- температура суміші в реакторі 5;
- витрата вуглекислого газу, що надходить в реактор 6;
- температура вуглекислого газу, що надходить в реактор 6;
- температура суміші в реакторі 6;
- температура суміші в реакторі 7;
- тиск суміші в реакторі 7.

Норми технологічного режиму наведені в таблиці 1.

Таблиця 1. Параметри контролю виробництва

Л п /п	Найменування стадії процесу (технологічний об'єкт), місце заміру параметра	Найменува ння параметра, що контролюєтьс я чи регулюється	Норми техноло- гічного режиму та допустимі відхилення	Вимоги до схеми автоматизації (контроль, регулювання, сигналізація)
1	Вода, трубопровід 1	Витрата	-	Контроль
2	Повітря, трубопровід 3	Витрата	-	Контроль

3	Повітря, поролітовий фільтр 4	Різниця тисків	-	Контроль, сигналізація
4	Алкілфенол натрію, трубопровід 14	Витрата	-	Контроль
5	Алкілфенол натрію, трубопровід 28	Температу ра	-	Контроль, сигналізація
6	Вода, трубопровід 1	Витрата	-	Контроль
7	Вода, трубопровід 1	Температу ра	-	Контроль
8	Пара, трубопровід 2	Температу ра	-	Контроль, сигналізація
9	Пара, трубопровід 2	Тиск	-	Контроль, сигналізація
10	Алкілфенол натрію, трубопровід 28	Температу ра	-	Контроль, сигналізація
11	Вуглекислий газ, трубопровід 1	Витрата	-	Контроль
12	Вуглекислий газ, трубопровід 1	Температу ра	-	Контроль, сигналізація
13	Вуглекислий газ, трубопровід 33	Концентра ція	-	Контроль, сигналізація
14	Алкілфенол натрію, трубопровід 28	Температу ра	-	Контроль
15	Вода, трубопровід 1	Витрата	-	Контроль
16	Вода,	Температу	-	Контроль



	трубопровід 1	ра		
7	Конденсат, трубопровід 33	Концентрація	-	Контроль, сигналізація
18	Алкілфенол натрію, трубопровід 28	Концентрація	-	Контроль, сигналізація
19	Конденсат, трубопровід 33	Витрата	-	Контроль
20	Алкілфенол натрію, трубопровід 28	Концентрація	-	Контроль
21	Алкілфенол натрію, трубопровід 28	Концентрація	-	Контроль, сигналізація
22	Алкілфенолят натрію, Трубопровід 30	Витрата	-	Контроль, сигналізація
23	Викидні гази, трубопровід 32	Концентрація	-	Контроль, сигналізація
24	Продукт карбоксилювання, трубопровід 34	Концентрація	-	Контроль

### 2.3. Розробка схеми автоматизації.

Схема автоматичного контролю процесу карбоксилювання включає в себе ряд контурів контролю і сигналізації. До контурів контролю входять контури контролю витрати, рівня, вологості та температури.

Схема автоматичного контролю процесу карбоксилювання включає в себе ряд контурів контролю і сигналізації. До контурів контролю входять контури контролю витрати, рівня, вологості та температури.

Контур 1 контролює витрату та включає:

					ДП-1.ЛА-5114.000.001	
3	А	№ докум.	Підп	Д		

(1-5) – панель дистанційного ручного керування (електрична чи пневматична) встановлена на щиті.

Контур 2 контролює витрату фенолу у трубопроводі та включає:

(1-1) - діафрагма камерна; (1-2) – безшкальний дифманометр-витратомір; (1-3) – блок регулювання співвідношення витрат системи СТАРТ;

Контур 3 контролює та включає:

(1-5) – панель дистанційного ручного керування (електрична чи пневматична) встановлена на щиті.

Контур 4 контролює витрату суміші та включає:

(2-1) – діафрагма камерна; (2-2) – безшкальний дифманометр-витратомір; (2-3) – блок регулювання співвідношення витрат системи СТАРТ;

Контур 9 контролює температуру суміші та включає:

(3-1) – перетворювач термоелектричний; (3-2) – потенціометр;

Контур 10 контролює температуру суміші та включає:

(4-1) – перетворювач термоелектричний; (4-2) – потенціометр;

Контур 11 контролює температуру суміші та включає:

(5-1) – перетворювач термоелектричний; (5-2) – потенціометр;

Контур 12 контролює температуру суміші та включає:

(6-1) – перетворювач термоелектричний; (6-2) – потенціометр;

Контур 13 контролює витрату суміші та включає:

(7-1) – датчик індукційного витратоміра; (7-2) – безшкальний дифманометр-витратомір; (7-3) – блок регулювання співвідношення витрат системи СТАРТ; (7-4) – електрична панель керування;

Контур 16 контролює витрату суміші та включає:

(12-1) – датчик індукційного витратоміра; (12-2) – безшкальний дифманометр-витратомір; (12-3) – блок регулювання співвідношення витрат системи СТАРТ; (12-4) – електрична панель керування;

Контур 20 контролює температуру та включає:

					ДП-1.ЛЛ-5114.000.001	
3	А	№ докум.	Підп	Д		

(9-1) – перетворювач термоелектричний; (9-2) – потенціометр;

Контур 21 контролює температуру та включає:

(10-1) – перетворювач термоелектричний; (10-2) – потенціометр;

Контур 22 контролює тиск та включає:

(11-1) – дифманометр; (11-2) – дифманометр безшкальний з пневмо- чи електропередачею сигналу; (11-3) – дифманометр безшкальний з пневмо- чи електропередачею сигналу;

Контур 23 контролює витрату та включає:

(13-2) – міст автоматичний;

Контур 24 контролює витрату та включає:

(14-2) – міст автоматичний;

#### **2.4 Постановка задачі до розробки схеми дистанційного керування і аварійного захисту електродвигунів технологічного процесу.**

На виробництвах робота насосів контролюється технічним персоналом згідно роботи певного процесу. Розробка системи аварійного захисту та технологічних блокувань для технологічного процесу є важливою та потребує ретельності при встановленні електродвигунів. В багатьох технологічних обладнаннях на різних підприємствах використовують електродвигуни. Двигуни мають як електричну, так і механічну систему захисту.

При натисненні кнопки включення електродвигуна повинен спрацювати магнітний пускач і замкнутися нормально розімкнутий контакт, який замикає ланцюг цього магнітного пускача. Замикаються також контакт сигналізації включення магнітного пускача і три контакти живлення електродвигуна. У той же час розмикається нормально замкнутий контакт сигналізації виключення магнітного пускача. Захист електродвигуна передбачає термічний захист, що дозволяє відключити двигун при перегріві, а також плавкий запобіжник.

Система автоматичного управління електродвигунами процесу

					ДП-1.ЛА-5114.000.001	
3	А	№ докум.	Підп	Д		

карбоксилювання:

- автоматичне відключення мотору від живлення під час аварії або поломки, та технологічне блокування інших електродвигунів;
- закриття регулювальних клапанів для зупинки подачі сировини, поки не відновиться робота електромотору та не створиться нормальний тиск для подальшого продовження подачі сировини;
- нормальну роботу процесу виробництва;
- захист електродвигуна, що дозволяє відключити двигун при перегріві, а також плавкий запобіжник.

## **2.5. Опис роботи принципової електричної схеми з дистанційного керування вмикання та вимикання живлення при роботі електромоторів та їх технологічних блокувань**

Принципова електрична схема з дистанційного керування вмикання та вимикання живлення при роботі електромоторів та їх технологічних блокувань процесу карбоксилювання знаходиться на кресленні ДП5114.0002.Сх.Ел. Зменшена копія схеми знаходиться на рис. 2.1.

					ДП-1.ЛА-5114.000.001	
3	А	№ докум.	Підп	Д		

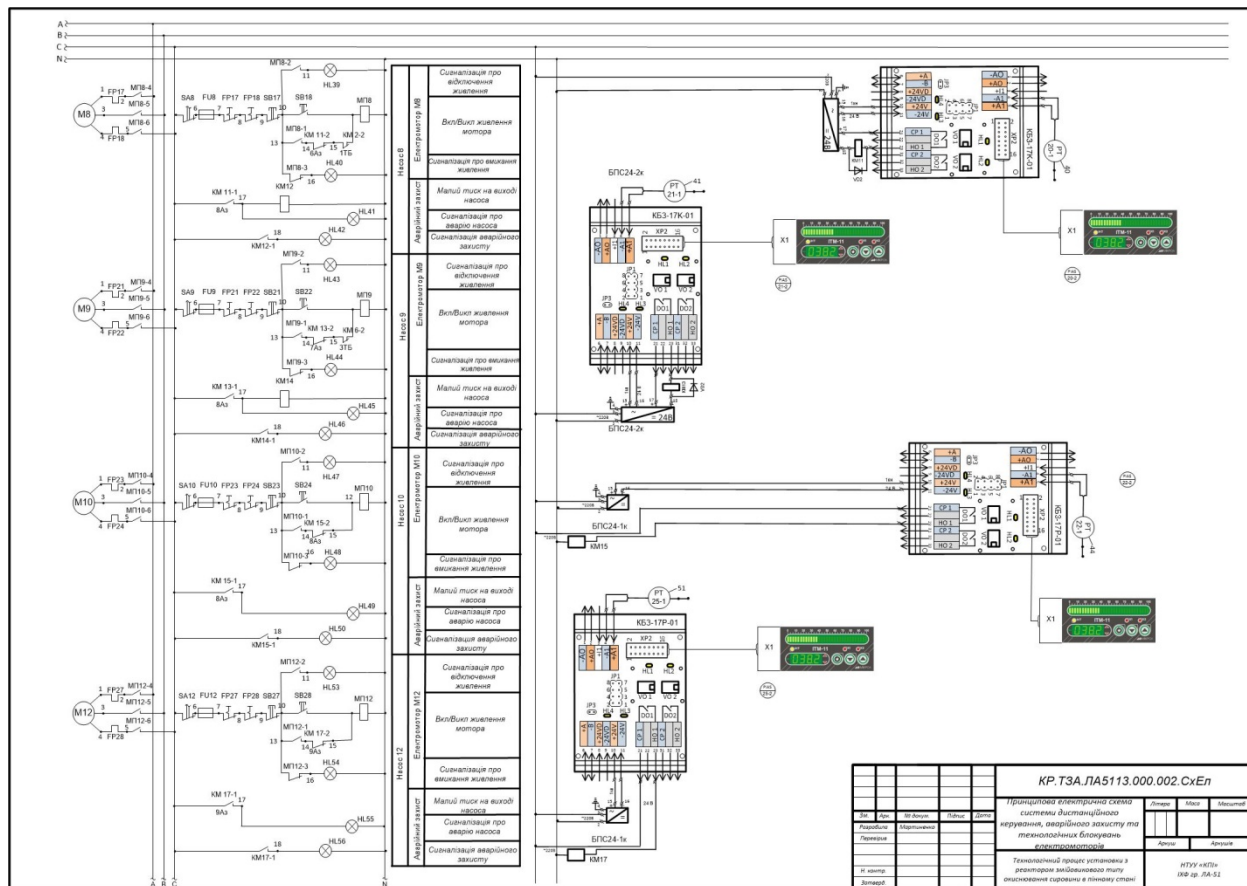


Рис.2.1. Принципова електрична схема з дистанційного керування вмикання та вимикання живлення при роботі електродвигунів та їх технологічних блокувань процесу

Під час роботи відцентрових насосів дуже часто між корпусом насоса і крильчаткою потрапляють тверді частинки. У результаті цього крильчатка зупиняється і зупиняється електродвигун, що може спричинити вихід його з ладу. У цьому випадку (в разі аварії) повинен спрацювати механічний захист: шпонка між крильчаткою і валом зрізається. При цьому починає наростати число обертів електродвигуна, так як відсутній протидіючий момент навантаження. Тому повинен спрацювати електричний захист. Електричний аварійний захист передбачає автоматичне відключення живлення електродвигуна при виході насоса з ладу. Мікропроцесорний прилад ІТМ-11, в якому використовується твердотільне реле, через контакт якого не можна підключати напругу 220 В. Рекомендується через твердотіле реле ІТМ-11 під'єднувати електромагнітне реле, яке працює на напрузі 24 В від джерела

постійного струму. Враховуючи цю особливість в схемах електрозахисту треба використовувати два електромагнітних реле.

Розглянемо роботу електродвигунів на прикладі одного МП19. При аварійній зупинці відцентрового насоса замикається контакт КМ19-1 в приладі і утворюється замкнутий ланцюг живлення для електромагніту КМ19. Реле КМ19 спрацьовує, внаслідок чого перемикаються його контакти. Контакт КМ19-1 замикається і вмикається червона сигнальна лампочка HL55, яка показує, що аварійне реле захисту спрацювало. Другий контакт аварійного реле КМ19-3 розмикається і розриває ланцюг живлення для електромагніту магнітного пускача МП19. Після проведення чищення і ремонту відцентрового насоса живлення електродвигуна М19 включається за допомогою кнопки SB38. Так як насос миттєво робочий тиск не набирає, кнопку SB38 потрібно утримувати натиснутою до тих пір, поки не погаснуть червоні сигнальні лампочки HL55, HL56, якщо ці лампочки погасли, кнопку SB38 можна відпускати і ланцюг живлення електромагніту магнітного пускача МП19 проходить через контакт МП19-3. Тоді ІТМ-11 виробляє дискретний сигнал, тобто на платі КБЗ 17Р-01 контакт нормально розімкнений замикається і вмикається червона сигнальна лампочка HL22 і подається струм на обмотку електромагніта КМ19. Реле аварійного захисту КМ19 спрацьовує та інформує про аварійний сигнал, за допомогою якого повинно вимикатись живлення електродвигуна М19.

Плата КБЗ-17Р-01 підключена до мережі через блок живлення БПС 24-1К, який перетворює змінний сигнал мережі 220В в постійний уніфікований сигнал 24В. Через Індикатор HL21, HL22 показують спрацювання аварійного захисту падіння(підвищення) тиску в трубопроводі.

## **2.6. Опис роботи системи з аварійного захисту з електродвигунів технологічного процесу.**

На принциповій електричній схемі ДП5114.0002.Сх.Ел. показані схеми дистанційного управління електродвигунами з аварійним захистом для

					ДП-1.ЛА-5114.000.001	
3	А	№ докум.	Підп	Д		

електромоторів. Всі ланцюги управління побудовані за типовим варіантом.

При роботі відцентрових насосів дуже часто між корпусом насоса і крильчаткою потрапляють тверді частинки. У результаті цього зупиняється крильчатка і електродвигун, який може вийти з ладу. У цьому випадку (у випадку аварії) повинен спрацювати механічний захист: шпонка між крильчаткою і валом зрізається. При цьому починає наростати число обертів електродвигуна, так як відсутній протидіючий момент навантаження. Тому повинен спрацювати електричний захист.

Електричний аварійний захист передбачає автоматичне відключення живлення електродвигуна при виході насоса з ладу.

При аварійній зупинці відцентрового насоса замикається контакт в приладі (позиція 30-1) і утворюється замкнутий ланцюг живлення для електромагніту КМ20. Реле КМ20 спрацьовує, внаслідок чого перемикаються його контакти. Контакт КМ20-1 замикається і вмикається червона сигнальна лампочка HL57, яка вказує, що аварійне реле захисту спрацювало. Другий контакт аварійного реле КМ20-2 розмикається і розриває ланцюг живлення для електромагніту магнітного пускача МП20. У результаті цього живлення електродвигуна М20 при аварії вимикається.

Після проведення ремонту відцентрового насоса живлення електродвигуна М20 включається за допомогою кнопки SB39. Так як насос миттєво не набирає робочий тиск, кнопку SB39 потрібно утримувати натиснутою до тих пір, поки не згасне червона сигнальна лампочка HL57, якщо ця лампочка згасла, кнопку SB39 можна відпускати і ланцюг живлення електромагніту магнітного пускача МП20 проходить через контакти МП20-1 і КМ20-2.

## 2.7.Опис роботи схеми технологічної сигналізації

					ДП-1.ЛА-5114.000.001	
3	А	№ докум.	Підп	Д		

На принциповій електричній схемі КР.ТЗА-3.ЛА-51.5113.0005 показані схеми технологічної сигналізації для двох параметрів. Всі ланцюги сигналізації побудовані за відповідним варіантом.

Сигналізація спрацьовує при досягненні максимального чи мінімального значення контролюваного параметру. Замкнеться контакт в приладі (поз.30-2) і утворюється замкнутий ланцюг живлення для електромагніту КМ20. Реле КМ20 спрацьовує, внаслідок чого перемикаються його контакти. Контакт КМ20-1 (нормально замкнений) розмикається і гасне лампочка HL21, а контакт КМ20-2 (нормально розімкнутий) замикається і загорається лампочка HL22.

Після того як температура розчину унормується контакт в приладі (поз.30-2) розмикається, ланцюг живлення електромагніту КМ20 розривається. Реле спрацьовує і контакти перемикаються назад. Починає світитися лампочка HL21. Принципова електрична схема технологічної сигналізації процесу окиснювання сировини в пінному стані знаходиться на кресленні ДП5114.0005. Зменшена копія схеми знаходиться на рис. 2.2.

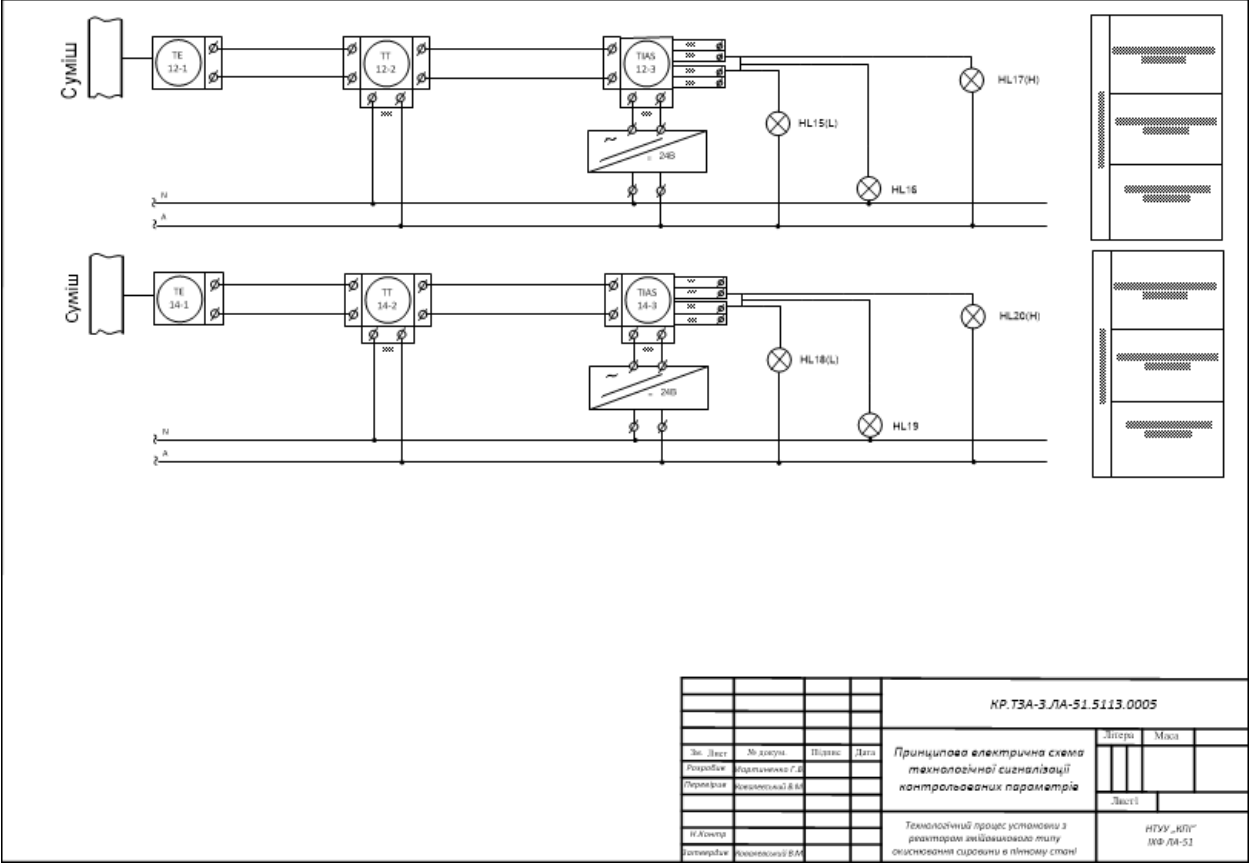




Рис.2.3. Принципова електрична схема технологічної сигналізації

## 2.8. Технологічні блокування

Розроблена схема наведена на кресленні ДП5114.0003. Зменшена копія принципової електричної схеми зображена на рис.2.3.

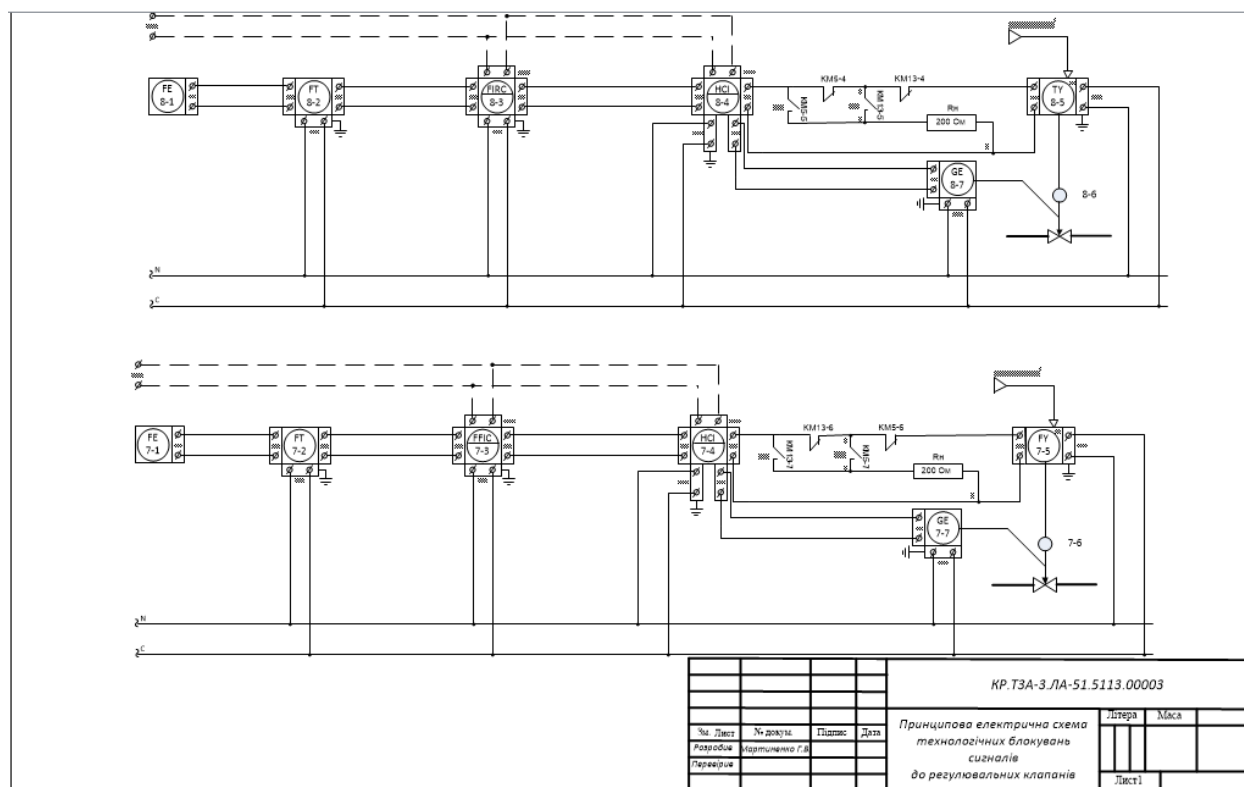


Рис.2.3. Принципова електрична схема блокувань сигналів до регулювальних клапанів.

Аварійний захист передбачає відключення дванадцяти моторів М3, М4, М9, вони вимикаються в результаті спрацьовування реле зазначених на схемі. Блокування спрацьовує, коли замикається контакт КМ2-2 - при малому тиску в трубопроводі після насоса, загоряються сигнальні лампочки НЛ3 і НЛ4, які позначають що впав тиск і спрацювало реле КМ2. Розмикається інші контакти і клапани нормально відкриті закриваються, а нормально закриті відкриваються. Аналогічно працюють інші ланцюги блокувань електродвигунів насосів. Коли виникає аварія у відцентрованому насосі і формується сигнал аварійного захисту електродвигуна за допомогою

аварійного сигналу, в цьому випадку повинна спрацювати система технологічних блокувань, яка повинна відключити вихідний сигнал регулятора, тобто регулюючі клапани повинні повністю закрити трубопроводи.

## 2.9.Опис роботи схеми технологічних блокувань.

Принципова електрична схема технологічних блокувань до регулювальних клапанів розроблена відповідно до функціональної схеми автоматизації ХТП установки з реактором змійовикового типу окиснювання сировини в пінному стані, яка знаходиться на кресленні КР.ТЗА-3.ЛА-51.5113.0001.СхАвт.

Блокування спрацюває коли замикається контакт приладу, наприклад, (поз. 30-2), при малому тиску в трубопроводі після насоса. В наслідок замикається контакт КМ20-1 реле КМ20 (Uжив=220В) загорається сигнальна лампочка HL21 далі напруга подається на реле КМ21. Після цього замикається контакт реле КМ21-1 (Uжив=220В) і загорається лампочка HL22, які означають що впав тиск і спрацювало реле КМ20. В схемі включення виключення електромоторів розмикаються контакти реле КМ20-2 і двигун вимикається.

					ДП-1.ЛА-5114.000.001	
3	А	№ докум.	Підп	Д		

### 3. Математична модель статички процесу карбоксилювання

#### 3.1 Математична модель статички.

Однією з важливих величин, необхідних для побудови математичної моделі процесу карбоксилювання алкілфеноляту натрію, є тепловий ефект реакції – зміна ентальпії в ході хімічного акту. Оцінка зміни ентальпії проводилась аналітично по енергіях розриву зв'язків. Тепловий ефект реакції визначали також за експериментально отриманим теплотам згоряння. Хороша збіжність розрахункових і дослідних даних дозволяє в якості величини теплового ефекту реакції карбоксилювання алкілфеноляту натрію прийняти

$$H = -76,75 \cdot 10^{-3} \text{ кДж / кмоль.}$$

Підведення тепла в реактори або його відведення з них має велике значення для створення необхідних температурних умов проведення реакції. До однієї з основних характеристик теплообміну відноситься коефіцієнт тепловіддачі від реакційної системи до стінки теплообмінного пристрою. Його оцінку проводили, виходячи з розрахунку і дослідів. Задовільна збіжність отриманих результатів свідчить про те, що оцінка проведена правильно, і дозволяє прийняти

$$\alpha_1 = 250 \text{ Вт/(м}^2 \text{ К)}.$$

При створенні математичної моделі процесу карбоксилювання можна піти на ряд обмежень і спрощень, які не спотворюють якісної картини реального процесу, але дозволяють на обмеженому матеріалі отримати математичні вираження, адекватно описують об'єкт:

- концентрації реагуючих речовин однакові у всьому обсязі апарату;
- температура реакційної суміші однакова у всьому об'ємі апарату;
- фізичні характеристики реагентів постійні в усіх точках;
- коефіцієнти тепловіддачі постійні в інтервалі температур, що розглядається;
- теплові втрати в навколишнє середовище незначні.

Математична модель процесу включає рівняння матеріального і енергетичного балансів і може бути представлена у вигляді:

					ДП-1.ЛЛ-5114.000.001	
3	А	№ докум.	Підп	Д		

$$\frac{X_1}{\tau} = 25,15 \cdot 10^8 \cdot e^{-\frac{10237}{T}} C_{10} (1 - X_1)^2 \left( \frac{P_2}{T} \right); (3.1)$$

$$\begin{aligned} \frac{T - T_0}{\tau} = & -25,15 \cdot 10^8 \cdot e^{-\frac{10237}{T}} C_{10}^2 (1 - X_1)^2 \cdot \frac{P_a \Delta H}{T_n c_p} \\ & + \frac{T_{T1n} - T}{V c_p \left( \frac{1}{2G c_T} + \frac{1}{\alpha_2 F} + \frac{1}{\alpha_1 (F_c + F_{цт}) + \alpha_{1пр} F_p} \right)} \end{aligned} (3.2)$$

де  $T_0$  – температура реакційної суміші на вході;

$T_T$  – температура теплоносія на вході в теплообмінний пристрій;

$c_p, c_T$  – теплоємність реакційної суміші і теплоносія, відповідно;

$V$  - об'єм реактора;

$\alpha_2$  - коефіцієнт тепловіддачі від теплоносії до стінки теплообмінного пристрою;

$G$  - витрата теплоносія;

$F, F_c, F_{цт}, X_p$  – поверхні теплообміну.

Адекватність отриманої моделі встановлена за наступною методикою. На промисловому реакторі, змінюючи витрату алкілфенолята натрію, що йде на карбоксилювання, або змінюючи (при постійному об'ємі апарату  $V$ ) час контакту  $\varepsilon$ , отримали експериментальні залежності  $X_1 = f_{1\varepsilon}(\tau)$  і  $T = f_{2\varepsilon}(\tau)$  - мал. 3.1.(крива 1). Підставляючи в рівняння математичної моделі значення конструктивних і режимних параметрів і вирішуючи систему щодо  $X_1$  і  $T$ , отримали розрахункові залежності  $X_1 = f_{1p}(\tau)$  і  $T = f_{2p}(\tau)$  (крива 2). Графічне порівняння результатів показує задовільну збіжність розрахункових і експериментальних даних (відхилення не перевищує 10%), тобто запропонована модель адекватна об'єкту. Це підтверджує коректність прийнятих припущень.

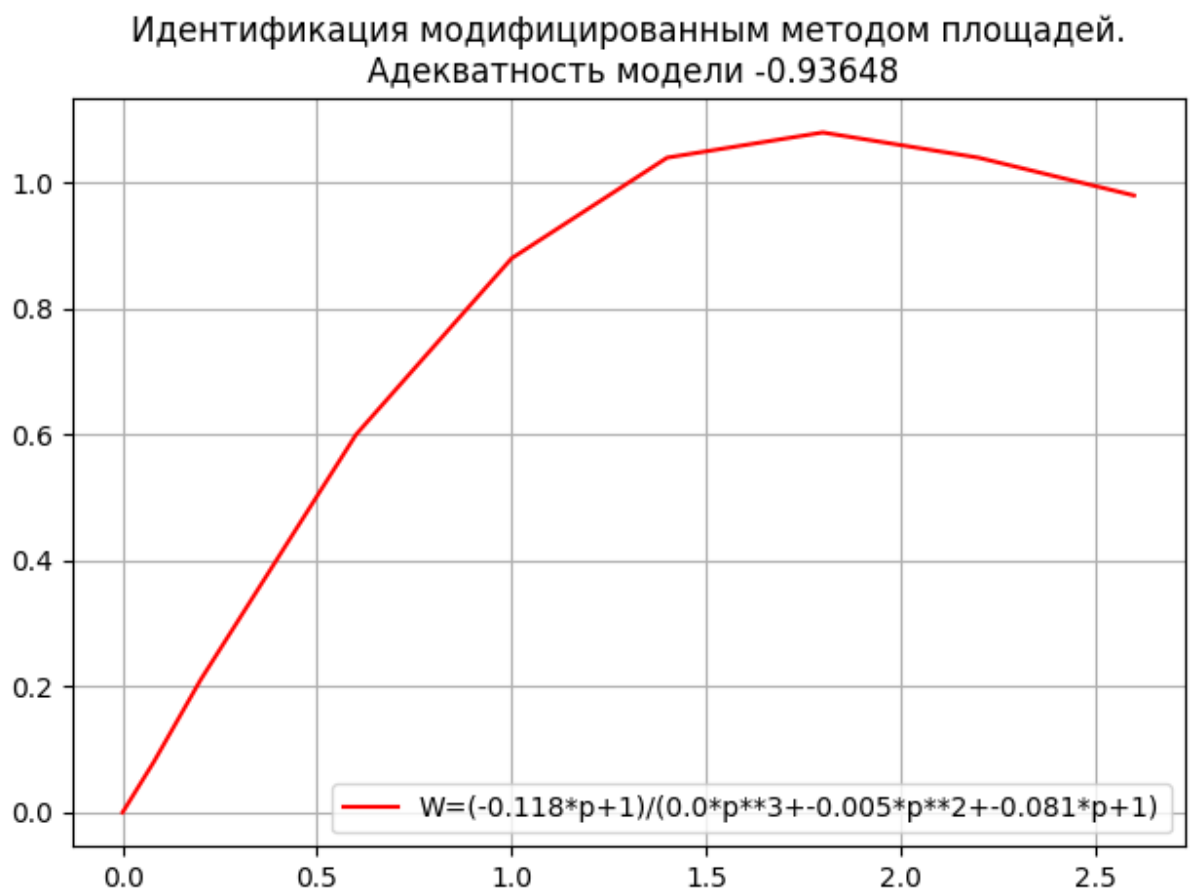


Рис. 3.1. Ідентифікація модифіційним методом площ.

При розгляді процесу карбоксилювання, який протікає по схемі алкілфенолят натрію + діоксид вуглецю - алкілсаліцілат натрію, щодо економічного критерію, установлено, що оптимальними умовами проведення цього процесу є послідовність реакторів зміщення. Математична модель статички процесу карбоксилювання, що відбувається в одному реакторі зміщення (тобто для будь-якого з реакторів послідовності), може бути представлена в вигляді:

$$\frac{X_{1n}}{\tau_n} = 25,15 \cdot 10^8 e^{\left(-\frac{10237}{T_n}\right)} C_{1n} (1 - X_{1n})^2 \left(\frac{P_a}{T_n}\right); \quad (3.3)$$

$$\begin{aligned} \frac{T_n - T_{0n}}{\tau} = & -25,15 \cdot 10^8 \cdot e^{\left(-\frac{10237}{T_n}\right)} C_{10n}^2 (1 - X_{1n})^2 \cdot \frac{P_a \Delta H}{T_n c_p} \\ & + \frac{T_{T1n} - T}{V c_p \left( \frac{1}{2G_T c_T} + \frac{1}{\alpha_2 F} + \frac{1}{\alpha_1 (F_c + F_{цт}) + \alpha_{1пр} F_p} \right)}; \quad (3.4) \end{aligned}$$

з початковими умовами:  $T_n = 0$ ,  $X_{1n} = 0$ ,  $T_n = T_{0n}$ .

При дослідженні процесу карбоксилювання як об'єкта автоматичного керування інтерес представляє одержання статичних характеристик всього об'єкта; при цьому під об'єктом слід розуміти процес, що проходить в послідовності з  $N$  реакторів змішання. Отримання статичних характеристик аналітичним методом вимагає рішення  $2N$  рівнянь, що включають трансцендентні вираження, що досить складно і трудомістко. Виникає відоме протиріччя між потрібним наближеним характером кінцевих результатів дослідженні і шляхами їх отримання. Пропонований нижче алгоритм розрахунку, на наш погляд, найбільш раціональний для вирішення поставленої задачі.

Розглянемо алгоритм на прикладі розрахунку статичних характеристик послідовності, що складається з двох реакторів. Основні характеристики: залежність концентрації алкілсаліцилата натрію в продукті карбоксилювання  $C_3$ , ступеня перетворення в системі  $X_e$ , ступеня перетворення  $X_{12}$  і температури  $T_2$  у другому ( $N$ -му) по ходу потоку реакторі від температури алкілфенолята натрію на вході в систему, від температури теплоносія на вході в теплообмінний пристрій першого реактора  $T$ , від тиску діоксиду вуглецю в системі  $P_a$ , від початкової концентрації алкілфенолята натрію  $C_{101}$  і т.д.

Для конкретності розглянемо вплив температури алкілфенолята натрію на вході в систему на перераховані вище вихідні параметри. Залежність ступеня перетворення  $X_1$  і температури  $T_1$  від  $T_{01}$  можна отримати, вирішуючи систему двох рівнянь (1) і (2) при фіксованих значеннях всіх вхідних в них величин. Далі вибираємо конкретні значення  $T_{01}$ , де  $i = 1, 2, \dots, k$  (число обраних точок визначається потрібною точністю кінцевого результату) і визначаємо відповідні їм значення  $X_{11j}$  і  $T_{12}$ .

Перебудувавши отримані залежності в координатах  $X_{12} - X_{01}$  і  $T_2 - T_{01}$ , отримуємо  $X_{12} = X_{12}(T_{01})$  (крива 5) і  $T_2 = \Phi(T_{01})$  (крива 9). У підсумку, використовуючи співвідношення

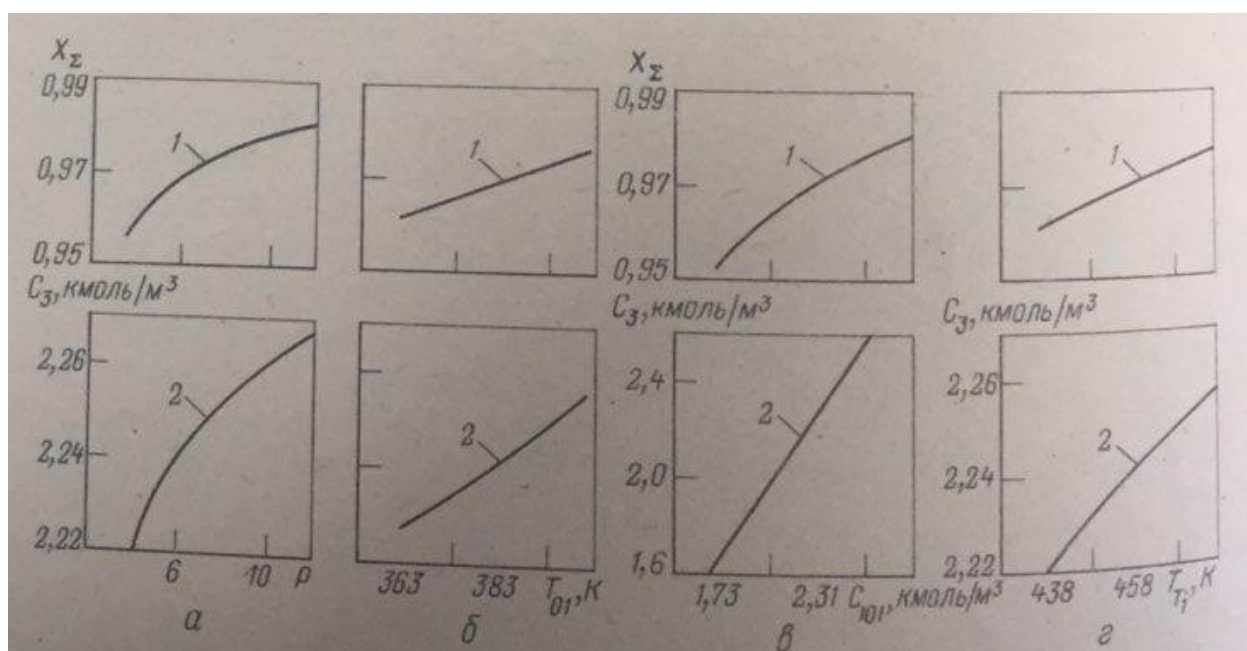
					ДП-1.ЛА-5114.000.001	
3	А	№ докум.	Підп	Д		

$$C_{103i} = C_{102i}(1 - X_{12i});$$

$$C_{101} - C_{103i} = C_{3i};$$

$$\frac{C_3}{C_{101}} = X_y.$$

отримуємо залежність ступеня перетворення алкілфенолята натрію, в системі і концентрації алкілсаліцилата натрію в продукті карбоксилування на виході з системи від температури алкілфенолята натрію на вході (рис.3.2). Аналогічно можуть бути отримані залежності вихідних параметрів від початкової концентрації алкілфенолята натрію (рис. в), від тиску діоксиду вуглецю в системі (рис. а), від температури теплоносія на вході в теплообмінний пристрій першого реактора (рис. г). Запропонований графоаналітичний метод дозволяє істотно спростити процедуру отримання статичних характеристик і скоротити об'єм обчислень; він може бути використаний для дослідження статички різноманітних процесів, що протікають в послідовності, яка складається N реакторів.



Мал.3.2. Залежність ступеня перетворення алкілфенолята натрію і концентрація алкілсаліцилата натрію в продукті карбоксилування від:

- а - тиску діоксиду вуглецю;
- б – температур алкілфеноляту натрію на вході в послідовність;
- в – початкової концентрації алкілфенолята натрію;

$T$  – температури теплоносія вході до теплообмінного пристрою першого реактора.

Дослідження математичної моделі статички процесу карбоксилювання

При побудові системи автоматичного управління процесом одним з важливих етапів є дослідження стаціонарних режимів. Визначення статистичних характеристик більшості промислових об'єктів нафтохімічної технології, у тому числі і процесу карбоксилювання, експериментальними методами утруднено. Раніше була запропонована математична модель процесу карбоксилювання алкілфенолята натрію, адекватно описує об'єкт керування. Тому найбільш раціональним методом з'ясування основних статичних характеристик процесу карбоксилювання є дослідження математичної моделі з використанням ЕЦОМ. Для зручності дослідження математична модель статички з допомогою координат

$$\Theta = (E/RT^3_0)(T - T_0);$$

$$\Theta_{T1} = (E/RT^2_0)(T_{T1} - T_0) \text{ і } \xi = \tau/\tau^*;$$

$$\varepsilon = C_{10}/C^*_{10}, \gamma = P_3/P^*_2$$

була приведена до безрозмірного виду:

$$\frac{X_1}{\xi} = k'_0 \tau^* C^*_{10} P_a^* e^{\left(-\frac{E}{RT_0}\right)} e^{\left(\frac{\theta}{1 + \frac{RT_0}{E}\theta}\right)} \varepsilon (1 - X_1^2) \frac{\gamma}{T_0 + \frac{RT_0^2}{E}\theta}; \quad (3.5)$$

$$\begin{aligned} \frac{\theta - \theta_0}{\xi} = & k'_0 \tau^* (C^*_{10})^2 P_a^* e^{\left(-\frac{E}{RT_0}\right)} e^{\left(\frac{\theta}{1 + \frac{RT_0}{E}\theta}\right)} \varepsilon^2 (1 - X_1^2)^2 \frac{\gamma \Delta H}{\left(T_0 + \frac{RT_0^2}{E}\theta\right) c_p} \\ & + \frac{(\theta_{T1} - \theta) \tau^*}{c_p \left( \frac{1}{G_T C_T} + \frac{1}{\alpha_2 \bar{F}} + \frac{1}{\alpha_1 (F_c + F_{цт}) + \alpha_{1пр} F_p} \right)}; \quad (3.6) \end{aligned}$$

початковими умовами  $X_1 = 0$ ;  $\theta = 0$  при  $\xi = 0$

Систему рівнянні (3.5) і (3.6) вирішували при наступних значеннях вхідних в них величин:

					ДП-1.ЛЛ-5114.000.001	
3	А	№ докум.	Підп	Д		



$$K'_0 = 25,15 \cdot 10^8 \text{ м}^3 \cdot \text{К};$$

$$E = 85,117 \cdot 10^3 \text{ кДж} / \text{кмоль};$$

$$\Delta H = 76,78 \cdot 10^2 \text{ кДж} / \text{кмоль};$$

$$\alpha_1 = 0,250 \text{ кВт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К});$$

$$\alpha_{1\text{пр}} = 0,150 \text{ кВт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К});$$

$$C_p = 2,838 \cdot 10^3 \text{ кДж} / (\text{м}^3 \cdot \text{К});$$

$$C^*_{10} = 2,31 \text{ кмоль} / \text{м}^3;$$

$$p^*_a=6;$$

$$\tau^0 = 7200 \text{ с};$$

$$V = 1,6 \text{ м}^3;$$

$$F_c = 7,15 \text{ м}^2;$$

$$F_{\text{шт}} = 5,35 \text{ м}^2;$$

$$\alpha_2 = 0,07 \text{ кВт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К});$$

$$G_T = 1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 / \text{с}.$$

В результаті вирішення отримані сімейства кривих виду  $X_1 = X_1(\xi)$  і  $\theta = \theta(\xi)$  при різних значеннях  $y$ ,  $\epsilon$ ,  $\theta_0$ ,  $\theta_{T1}$ . Інтервал варіювання змінних відповідає робочому діапазону вимірювання відповідних керуючих впливів і керованих параметрів. Розглядаючи отримані залежності при різних постійних значеннях  $\xi = \text{const}$  отримуємо ряд статичних характеристик процесу карбоксилювання. На рис. 3.3 приведені закономірності

$$X_1 = f_1(\tau); \theta = f_2(y); \text{ (Рис.3.3)}$$

$$X_2 = f_3(\epsilon); \theta = f_4(\epsilon); \text{ (Рис.3.3,6)}$$

$$X_1 = f_5(\theta_0); \theta = f_6(\theta_0); \text{ (Рис. 3.3, е)}$$

$$X_1 = f_7(\theta_{T1}); \theta = f_8(\theta_{T1}); \text{ (рис. 3.3, г)}$$

при різних значеннях часу контакту.

З малюнків видно, що функції  $f_3$ -  $f_6$  з достатнім ступенем точності досить в широкому діапазоні зміни  $\theta_{T1}$ ,  $\theta_0$  і  $\epsilon$  можна вважати лінійним, а функції  $f_1$ ,  $f_2$  кусочно-лінійними, тобто лінійними на певних інтервалах діапазону варіювання.

					ДП-1.ЛЛ-5114.000.001	
3	А	№ докум.	Підп	Д		

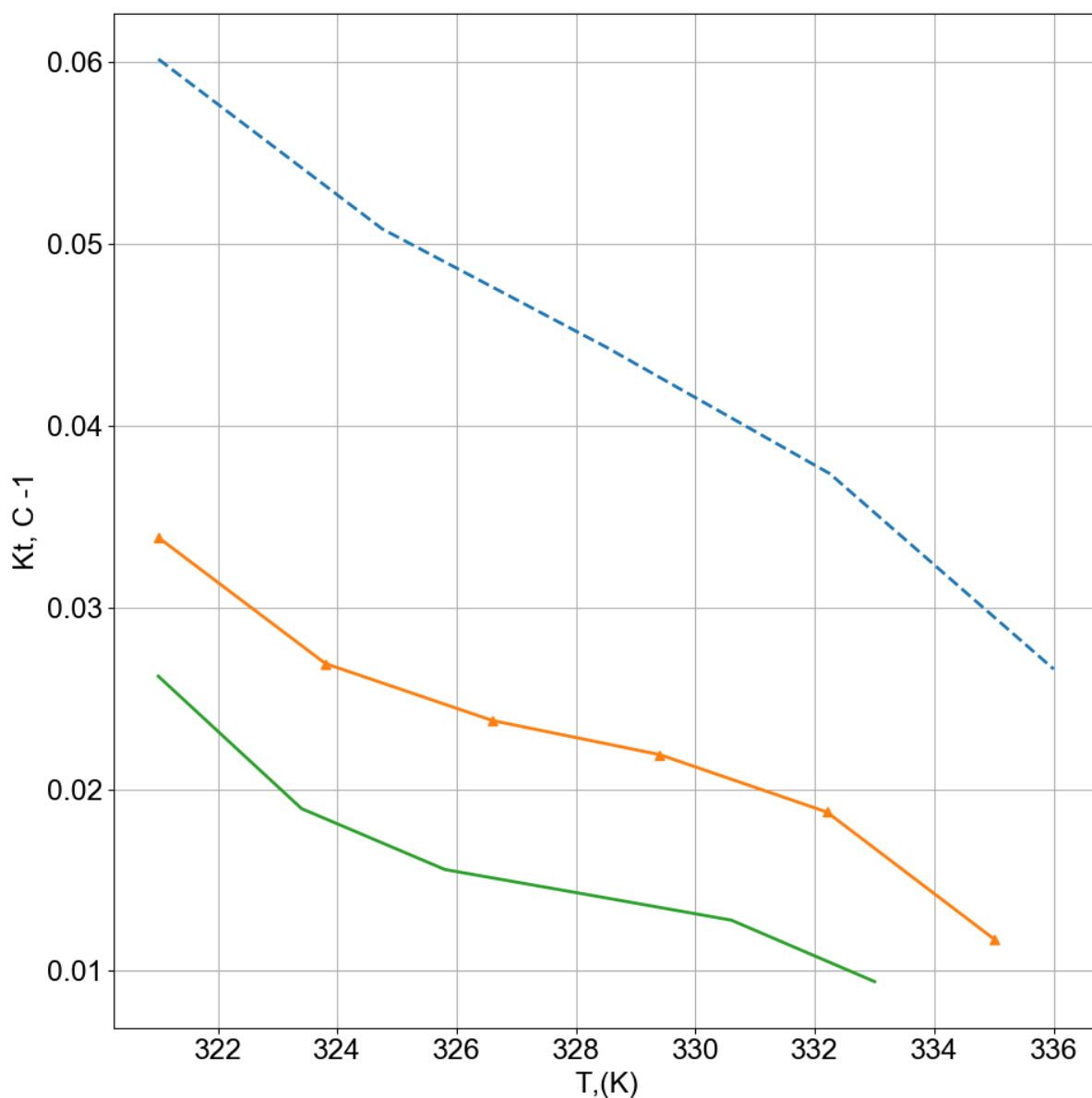


Рис. 3.3. Ряд статичних характеристик процесу карбоксилювання.

Отримані в процесі дослідження статичні результати можуть бути використані при дослідженні параметричної чутливості процесу, при визначенні діапазонів лінеаризації математичної моделі динаміки, а отже, при синтезі системи автоматичного управління процесом карбоксилювання.

Однією з найважливіших характеристик, необхідних при розробці автоматичної системи управління процесом карбоксилювання алкілфенолята натрію, є параметрична чутливість. Міра впливу будь-якого параметра  $\Pi_i$  на показники процесу - це сукупність похідних ступеня перетворення  $\chi_1$  і температури  $\theta$  по даному параметру, тобто.

$$\chi_1 = \partial X_1 (\xi) / \partial P; \quad \chi_1 = \partial \theta (\xi) / \partial P.$$

Кожна з величин  $\chi_1$  називається параметрично чутливістю, яка відповідає змінній по даному параметру  $P_1$ . Зазвичай з метою отримання рівнянь для величин  $\chi_1$  диференціюють рівняння математичного опису процесу по параметру. Таким чином можна отримати аналітичні вирази, що визначають чутливість ступеня перетворення алкілфеноляту натрію  $X_1$  і температури в реакторі карбоксилювання  $\theta$  до зміни таких варіюваних параметрів, як температура теплоносія на вході в теплообмінний пристрій  $\theta_T$ , температура суміші на вході в реакційний пристрій  $\theta_0$ , тиск в системі  $y$ , початкова концентрація алкілфеноляту натрію  $\varepsilon$ . Всі змінні приведені до безрозмірного вигляду. Процедура отримання аналітичних виразів досить складна. Скориставшись правилом диференціювання складних функцій, необхідно продиференціювати рівняння матеріального і енергетичного балансів, які адекватно описують процес карбоксилювання, а потім вирішити отриману систему. Але вирішення її пов'язане з серйозними труднощами, так як отримані дані є нелінійними диференціальними рівняннями, що містять трансцендентні вирази. Окрім того, коефіцієнти при шуканих функціях є змінними, що залежать від умови досліджуваного стаціонарного вирішення, тобто є функцією поздовжньої координати  $\xi$  – безрозмірного часу контакту.

Таким чином, виникає протиріччя між наближеним характером кінцевих результатів дослідження та шляхами їх отримання. Тому, на наш погляд, найбільш доцільним для оцінки величини параметричної чутливості процесу карбоксилювання є застосування графоаналітичного способу. Сутність цього методу полягає в графічному диференціюванні статичних характеристик процесу карбоксилювання по відповідному параметру при різних часах контакту. Отримані в результаті диференціювання характеристики чутливості процесу карбоксилювання до зміни параметрів  $\theta_0$ ,  $\theta_T$ ,  $\varepsilon$  - як функції координати наведені на рис 3.3.

Запропонований метод дослідження можна застосовувати лише для лінійних залежностей ступеня перетворення  $X_1$  і температури  $\theta$  від

					ДП-1.ЛА-5114.000.001	
3	А	№ докум.	Підп	Д		

параметрів  $\Pi_i$  у всьому діапазоні їх варіювання, в протилежному випадку задача визначення  $\chi_1$  і  $\chi_2$  стає невизначеною. Тому чутливість процесу карбоксилювання до зміни тиску в системі у досліджувалася в лінійному околі конкретного значення у, а не у всіх діапазонах варіювання. Аналіз представлених на рис. VI.33 залежностей показує, що чутливість ступеня перетворення до зміни  $\theta_0$ ,  $\theta_t$ ,  $\varepsilon$  зі збільшенням часу контакту падає, чутливість температури до зміни  $\theta_0$ ,  $\theta_t$ ,  $\varepsilon$  зі збільшенням часу контакта так само падає, а до зміни  $\theta_t$ , - росте. Варто також відзначити, що чутливість ступеня перетворення до зміни  $\theta_t$ ,  $\theta_0$  порівняно мала.

### 3.2. Математична модель динаміки процесу карбоксилювання

Для розрахунку і аналізу роботи системи автоматичного керування процесом карбоксилювання алкілфенолята натрію забезпечує задану якість перехідних процесів, необхідна математична модель динаміки об'єкта керування.

При синтезі моделі прийняті наступні спрощені припущення:

- концентрація реагуючих речовин і температура реакційної суміші однакові у всьому обсязі реактора;
- фізичні характеристики реагентів постійні в усіх точках апарата;
- коефіцієнти тепловіддачі постійні в розглядаємому інтервалі температур;
- теплові втрати в навколишнє середовище незначні.

Математична модель являє собою систему рівнянь матеріального і енергетичних балансів. При побудові теплових балансів розглядалися три акумулюючі ємності: реакційної системи, стінки теплообмінного пристрою і теплоносія.

Матеріальний баланс по алкілфеноляту натрію з урахуванням акумуляції речовини можна представити рівнянням:

$$(n_{\text{вх}} - n_{\text{вих}} - n_{\text{зн}})dt' = n_{\text{ак}} \quad (3.7)$$

					ДП-1.ЛЛ-5114.000.001	
3	А	№ докум.	Підп	Д		

де  $n_{\text{вх}} = G_{10}(1 - X_{10}) = G_{10}$  - кількість алкілфенолята натрію, що поступає в реактор в одиницю часу

$t'$  - час, с;

$G_{10}$  - початкове значення витрати реакційної суміші, кмоль/с;

$X_{10} = 0$  - початкова ступінь перетворення алкілфенолята натрію;

$n_{\text{вих}} = G_{10}(1 - X_1)$  - кількість алкілфенолята натрію, що виходить з реактора і одиницю часу;

$X_1$  - поточна ступінь перетворення;

$n_{\text{зн}} = (-r, V)$  - кількість алкілфенолята натрію, що зникає в одиницю часу в результаті хімічної реакції;

$r_1$  - швидкість реакції, кмоль/(м<sup>3</sup> · с);

$V$  - об'єм реактора, м<sup>3</sup>;

$n_{\text{ак}} = d(C_{10}(1 - X_1))$  - кількість алкілфеноляту натрію, акумульовані в реакційному об'ємі;

$C_{10}$  - початкова концентрація алкілфенолята натрію, кмоль/м<sup>3</sup>.

Підставляючи у вираз для матеріального балансу всі складові величини і враховуючи кінетичний вираз, після ряду перетворень отримуємо:

$$dV_1/dt' = K'_0 e^{\left(-\frac{E_1}{RT}\right)} C_{10}(1 - X_1)^2 (P_a/T) - \left(\frac{X_1}{\tau}\right) \quad (3.8)$$

$K'_0$  - предекспонента (похідна);  $E$  - енергія активації, кДж;  $R$  - універсальна газова стала, кДж/(кмоль·г);  $P_a$  - тиск діоксиду вуглецю в системі;  $\epsilon$  - час контакту, с.

Тепловий баланс реакційної суміші в нестационарних умовах можна представити в вигляді:

$$(Q_{\text{вх}} - Q_{\text{вих}} + Q_p + Q_\tau) dt' = Q_{\text{ак}} \quad (3.9)$$

де  $Q_{\text{вх}} = G c_p T_{\text{вх}}$  - кількість тепла, що заходить реакційним потоком за одиницю часу;

$G$  - витрата, м<sup>2</sup>/с;

$c_p$  - теплоємність, кДж/(м<sup>3</sup>·г);

$T_{\text{вх}}$  - температура реакційної суміші на вході в апарат;

					ДП-1.ЛЛ-5114.000.001	
3	А	№ докум.	Підп	Д		

К:  $Q_{\text{вх}} = G_{\text{ср}} T_{\text{вих}}$  – кількість тепла, що виходить реакційним потоком за одиницю часу ( $T_{\text{вих}} = T$ );

$Q_p = V r_1 \Delta H$  – кількість тепла, що виділяється в реакційному об'ємі за одиницю часу в результаті хімічного акту;

$\Delta H$  – зміна ентальпії, кДж/кмоль;

$Q_T = [\alpha_1 (F_c + F_{\text{цт}}) + \alpha_{1\text{пр}} F_p] (T_{\text{ст}} - T)$  – кількість тепла отриманого реакційною масою від стінки вбудованого теплообмінного пристрою;

$\alpha_1, \alpha_{1\text{п}}$  – коефіцієнти тепловіддачі, кВт/(м<sup>2</sup>·К);

$T_{\text{ст}}, T$  – температура стінки і температура реакційної суміші відповідно, К;

$F_c, F_{\text{цт}}, F_p$  – поверхні, які визначаються геометрією апарату, м<sup>2</sup>;

$Q_{\text{ак}} = V c_p dT$  – кількість тепла, що акумулюється в об'ємі реакційної суміші.

Розшифрувавши величини, що входять в вираз для теплового балансу, після перетворень отримаємо:

$$\frac{dT}{dt} = \frac{T_0 - T}{\tau} + \frac{\left[ -K_0 e^{\left( -\frac{E}{RT} \right)} C_{10}^2 (1 - X_1)^2 \frac{P_a}{T} \right] \Delta H}{c_p} + \frac{[\alpha_1 (F_c + F_{\text{цт}}) + \alpha_{1\text{пр}} F_p] (T_{\text{ст}} - T)}{V c_p} \quad (3.10)$$

Рівняння теплового балансу нестационарного режиму акумулюючої ємності теплообмінного пристрою можна представити у вигляді:

$$(Q_{\text{вих}} - Q_{\text{вх}}) dt' = Q_{\text{ак}}$$

де  $Q_{\text{вх}} = \alpha_2 F (T_{\tau} - T_{\text{ст}})$  – кількість тепла, одержуваного стінкою теплообмінного пристрою від теплоносія в одиницю часу;

$T_{\tau}$  – температура теплоносія, К;  $F$  – площа спірального ходу теплообмінного пристрою, м<sup>2</sup>;

$Q_{\text{вих}} = (\alpha_1 (F_c + F_{\text{цт}}) + \alpha_{\text{пр}} F_2) (T_{\text{ст}} - T)$  – кількість тепла, що віддається стінкою теплообмінного пристрою реакційної суміші за одиницю часу;

$Q_{\text{ак}} = V_{\text{ст}} c_{\text{ст}} dT_{\text{ст}}$  – кількість тепла, що акумулюється стінкою теплообмінного пристрою.

Розшифрувавши вираз після ряду перетворень отримаємо:

$$\frac{dT_{\text{ст}}}{dt'} = \frac{\alpha_2 F (T_{T1} - T_{\text{ст}})}{V_{\text{ст}} c_{\text{ст}}} - \frac{[\alpha_1 (F_c + F_{\text{цт}}) + \alpha_{1\text{пр}} F_p] (T_{\text{ст}} - T)}{V_{\text{ст}} c_{\text{ст}}} \quad (3.11)$$

Порівняння теплового балансу нестационарного режиму ємності теплоносія можна представити в вигляді:

$$(Q_{\text{вих}} - Q_{\text{вх}} - Q'_{\text{вих}}) dt' = Q_{\text{ак}} \quad (3.12)$$

де  $Q_{\text{вх}} = G_T^T c_T T_{T1}$  – кількість тепла, що заходить теплоносієм в рубашку за одиницю часу;

$G_T, c_T, T_T$  – відповідно витрата, теплоємність, температура носія на вході;

$Q_{\text{вих}} = \alpha_1 F (T_T - T_{\text{ст}})$  – кількість тепла, що віддається стінці реакційного пристрою за одиницю часу;

$Q'_{\text{ак}} = V_T c_T dT_T$  – кількість тепла, що уноситься теплоносієм за одиницю часу;

$T_{T2}$  – температура теплоносія на виході;

$Q_{\text{ак}} = V_T c_T dT_T$  – кількість тепла, що акумулювалось об'ємом теплоносія.

Підставляючи в вираз теплового балансу значення відповідних величин і враховуючи  $T_T = 0,5(T_{T1} + T_{T2})$ , після перетворення отримуємо:

$$(2G_T/V_T)(T_{T1} - T_T) - (\alpha_2 E/V_T c_T)(T_T - T_{\text{ст}}) = \frac{dT_T}{dt'} \quad (3.13)$$

Таким чином, диференціальне рівняння (5) представляють собою математичну модель процесу карбоксилювання алкілфеноляту натрію з початковими умовами  $\tau = 0, X_1 = 0, T = T_0$ . Спільне вирішення цих рівнянь дає можливість отримати в повному обсязі динамічні характеристики об'єкта керування в будь-якому зручному для подальших розрахунків вигляді.

### 3.3. Дослідження математичної моделі динаміки процесу карбоксилювання.

При синтезі системи автоматичного керування процесом карбоксилювання алкілфеноляту натрію важливе місце займає дослідження динаміки об'єкта управління. Отриманий математичний опис процесу карбоксилювання дозволяє провести дослідження нестационарних режимів на моделі.

Математична модель динаміки процесу карбоксилювання являє собою систему нелінійних диференційних рівнянь і, подальша робота з якими вельми затруднена. Тому доцільно шукати рішення системи не у всій області існування незалежних змінних, а лише в околі оптимальних стаціонарних станів, лінеаризувавши отриману систему. Лінеаризація в даному випадку тим паче виправдана, що при дослідженні статистики процесу була встановлена лінійна залежність вихідних параметрів від керованих координат при значних змінах останніх.

Лінеаризуючи рівняння, що описує динаміку об'єкта керування, отримуємо:

$$d\Delta X_1/dt + [2A(1 - X_1^0) + 1]\Delta X_1 + A(1 - X_1^0)^2[1/(1 + b\theta^2)][b/(1 + b\theta^0)]\Delta\theta = A(1 - X_1^0)^2\Delta\varepsilon + A(1 - X_1^0)^2\Delta\gamma; \quad (3.14)$$

$$d\Delta\theta/dt + B\Delta\theta + 2D\Delta X_1/(1 - X_1^0) = 2D\Delta\varepsilon + D\Delta\gamma + b_3\Delta\theta_{\text{ст}} + \Delta\theta_T; \quad (3.15)$$

$$(d\theta_{\text{ст}}/dt)(b_4 + b_3)\Delta\theta_{\text{ст}} = b_4\Delta\theta + b_3\Delta\theta_T; \quad (3.16)$$

$$(d\theta_T/dt) + (b_0 + b_7)\Delta\theta_T = b_6\Delta\theta_{T1} + b_7\Delta\theta_{\text{ст}}; \quad (3.17)$$

з початковими і граничними умовами:

$$\Delta X_i(\xi, 0) = \Delta X_1^{\text{стац}};$$

$$\Delta\theta(\xi, 0) = \Delta\theta^{\text{стац}};$$

$$\Delta\theta_{\text{ст}} = \Delta\theta_{\text{ст}}^{\text{стац}};$$

$$\Delta\theta_T = \Delta\theta_T^{\text{стац}};$$

$$\Delta X_1(0, t) = 0;$$

$$\Delta\theta(0, t) = 0.$$

де

$$A = K'_0 e^{\left(-\frac{E}{RT_0}\right)} e^{\frac{\theta^0}{1 + \frac{RT_0}{E}\theta^0}} \frac{c_{10}^* P_a^* \tau^*}{T_0 + \frac{RT_0^2}{E}\theta^0};$$

$$B = \frac{Ab_2(1 - X_1^0)^2}{T_0(1 + b\theta^0)} \left(1 - \frac{1}{b(1 + b\theta^0)}\right) + b_3 + 1;$$

$$D = \frac{Ab_2(1 - X_1^0)^2}{bT_0};$$



$$b = \frac{RT_0}{E};$$

$$b_1 = \alpha_1(F_c + F_{\text{цт}}) + \alpha_{1\text{пр}}E_p;$$

$$b_2 = \frac{(-\Delta H)c_{10}^*}{c_p};$$

$$b_3 = \frac{b_1\tau^*}{Vc_p};$$

$$b_4 = \frac{b_1\tau^*}{V_{\text{ст}}c_{\text{ст}}};$$

$$b_5 = \frac{\alpha_2 E\tau^*}{V_{\text{ст}}c_{\text{ст}}};$$

$$b_0 = \frac{2G_T}{T_T};$$

$$b_7 = \frac{\alpha_2 E\tau^*}{V_1 c_{\text{ст}}};$$

З врахуванням  $\xi^0 = \varepsilon^0 = \gamma^0 = 1$ .

Для отримання динамічних характеристик об'єкта керування необхідно вирішити отриману систему. Так як рішення зручно проводити в області зображень, перетворимо систему рівнянь (3.15) - (3.17) по Лапласу.

В результаті отримуємо систему

$$(p + D_2)\overline{\Delta\theta} + D_1\overline{\Delta X_1} = D_3\overline{\Delta\varepsilon} + D_3\overline{\Delta\gamma}; \quad (3.18)$$

$$(p + B)\overline{\Delta\theta} + \left[ \frac{2D}{1 - X_1^0} \right] \overline{\Delta X_1} = 2D\overline{\Delta\varepsilon} + D\overline{\Delta\gamma} + b_3\overline{\Delta\theta_{\text{ст}}} + \overline{\Delta\theta_0}; \quad (3.19)$$

$$[p + (b_4 + b_5)]\overline{\Delta\theta_{\text{ст}}} = b_4\overline{\Delta\theta} + b_5\overline{\Delta\theta_{\text{ст}}}; \quad (3.20)$$

$$[p + (b_6 + b_7)]\overline{\Delta\theta_T} = b_6\overline{\Delta\theta_{T1}} + b_7\overline{\Delta\theta_{\text{ст}}}; \quad (3.21)$$

$$\text{де } D_1 = \left[ \frac{A(1 - X_1^0)}{1 + \alpha\theta^0} \right] \left[ a - \frac{1}{1 + \alpha\theta^6} \right];$$

$$D_2 = 2A(1 - X_1^0) + 1;$$

$$D_3 = A(1 - X_1^0)^2;$$

$$a = \frac{RT_0}{E};$$

з граничними умовами:

					ДП-1.ЛЛ-5114.000.001	
3	А	№ докум.	Підп	Д		

$$\overline{\Delta X_1}(0, p) = 0;$$

$$\overline{\Delta \theta}(0, p) = \overline{\Delta \theta_0};$$

$$\overline{\Delta \varepsilon}(0, p) = \overline{\Delta \varepsilon_{\text{BX}}};$$

$$\overline{\Delta \gamma}(0, p) = \overline{\Delta \gamma_{\text{BX}}};$$

$\overline{\Delta X_1}, \overline{\Delta \theta} \dots$  – зображення по Лапласу від  $\Delta X_1, \Delta \theta, \dots$ ;  $p$  – лапласівська змінна.

Таким чином, в результаті лінеаризації і подальшого перетворення по Лапласу вихідних нелінійних диференціальних рівнянь отримана система звичайних лінійних рівнянь, вирішивши яку з подальшим зворотнім перетворенням Лапласа, легко отримати шукане рішення в вигляді, зручному для графічної інтерпретації, а отже, побудувати перехідний процес по будь-якому з каналів, що нас цікавлять.

Окрім того, використовуючи вираз:

$$W(p) = \frac{\overline{\Delta z_l}}{\overline{\Delta z_j}}, \quad (3.22)$$

де  $\overline{\Delta z_l} - \overline{\Delta \gamma}, \overline{\Delta \varepsilon}, \overline{\Delta \theta_T}, \overline{\Delta \theta_0}, \overline{\Delta z_l} - \overline{\Delta X_1}, \overline{\Delta \theta}$

легко отримати передатну функцію по будь-якому каналу. А перехід від передаточних функцій до частотним характеристикам об'єкта автоматичного керування особливих труднощів не викликає.

Таким чином, система рівнянь (3.18)-(3.21) являється вихідною для отримання динамічних характеристик процесу карбоксилювання в будь-якому зручному для подальшого дослідження вигляді.

При вирішенні питань оптимізації показано, що оптимальним реакційним пристроєм для проведення процесу карбоксилювання є послідовність реакторів змішання. Систему рівнянь (3.18)-(3.21) можна записати для N-го реактора послідовності у вигляді:

$$(p + D_{2i})\overline{\Delta X_{1i}} + D_{1i}\overline{\Delta \theta_i} = D_{3i}\overline{\Delta \varepsilon_i} = D_{3i}\overline{\Delta \gamma_i}; \quad (3.23)$$

$$(p + B_i)\overline{\Delta \theta_i} + \left[ \frac{2D_i}{1 - X_{1i}^0} \right] \overline{\Delta X_{1i}} = 2D_i\overline{\Delta \varepsilon_i} + D_i\overline{\Delta \gamma_i} + b_3\overline{\Delta \theta_{\text{CTI}}} + \overline{\Delta \theta_{0i}}; \quad (3.24)$$

$$[p + (b_{4i} + b_{5i})]\overline{\Delta \theta_{\text{CTI}}} = b_{4i}\overline{\Delta \theta_i} + b_{3i}\overline{\Delta \theta_{\text{TI}}}; \quad (3.25)$$

3	A	№ докум.	Підп	Д	ДП-1.ЛА-5114.000.001	

$$[p + (b_{5i} + b_{7i})]\overline{\Delta\theta_{Ti}} = b_{6i}\overline{\Delta\theta_{T1i}} + b_{7i}\overline{\Delta\theta_{CTi}}; (3.26)$$

Початкові умови для кожного з апаратів послідовності можуть бути отримані вирішенням рівнянь статички для попереднього апарату.

Отримані вирази дозволяють розрахувати перехідні процеси в послідовності, що складається з двох реакторів карбоксилування, по різних каналах.

Визначимо, використовуючи вирази (3.23)- (3.26), наприклад , перехідну характеристику об'єкта по каналу тиску в системі - ступінь перетворення в другому реакторі послідовності. Після підстановки чисельних значень коефіцієнтів і зворотного перетворення Лапласа, переходячи до натурального масштабу часу при одиничному ступінчастому впливу, отримаємо

$$\Delta X_{12}(t') = 0,009934 - 0,039167e^{\left(-\frac{1,85t'}{7200}\right)} + 0,03550e^{\left(-\frac{1,79t'}{7200}\right)} - 0,005200e^{\left(-\frac{14,09t'}{7200}\right)} - 0,001117e^{\left(-\frac{5,36t'}{7200}\right)}. (3.27)$$

Слід зазначити, що в отриманому виразі опущені члени, які не роблять істотного впливу на величину  $\Delta X_{12}(t')$ . Підставляючи в (3.27) значення  $t'$  і вирішуючи його, отримаємо перехідну характеристику по каналу, що розглядається.



Рис. 3.4. Перехідні характеристики замкнутої АСР з ПІД регулятором.

Задовільний збіг розрахункової перехідною характеристики з експериментальної, отриманої на промислової установки, дозволяє вважати математичну модель і алгоритм розрахунку динаміки процесу карбоксилювання в послідовності реакторів змішання заможними.

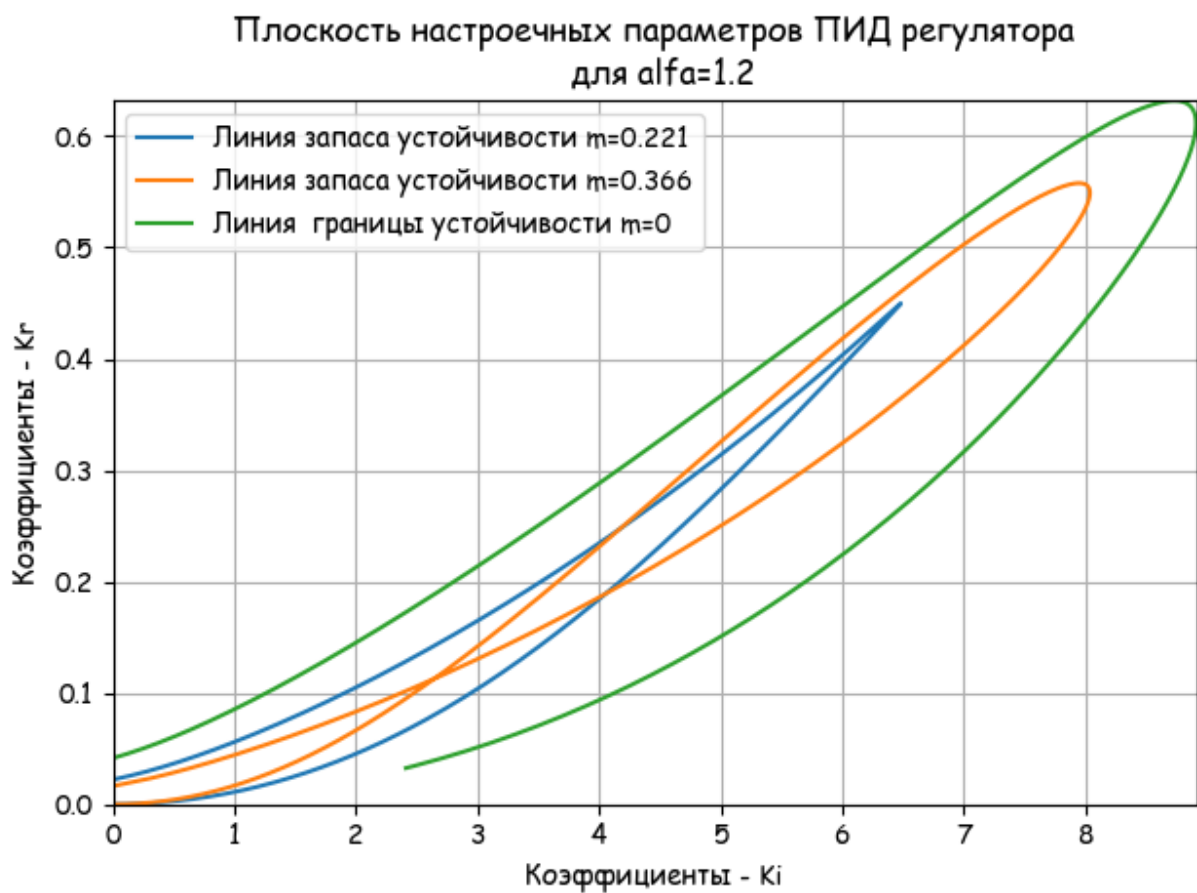


Рис. 3.5. Площина налаштованих параметрів ПІД-регулятора для  $\alpha=1.2$

## 4. Віддалене керування процесом карбоксилювання

### 4.1. Корпоративний портал.

Розвиток наукомістких технологій, включаючи Web-технологію, на сучасному етапі вимагає нового підходу до створення сучасних керуючих середовищ, одним з варіантів якого є створення корпоративного порталу. Під корпоративним порталом далі будемо розуміти корпоративний Web-сайт, призначений для внутрішнього користування і який надає співробітникам організації доступ до корпоративної інформації, майданчикам апаратно-програмного забезпечення, а також до обмеженої кількості зовнішніх Web-сайтів.

Для взаємодії кінцевих користувачів з порталом необхідно організувати обмін інформацією між ними. Тут існує два найбільш яскравих способу обміну інформацією:

- в реальному масштабі часу;
- у вигляді подання запитів та протоколів звітності.

У першому випадку, для проведення комфортної роботи, користувач повинен володіти інформаційними каналами зв'язку з великою пропускнуою здатністю. Як правило, це можливо тільки при роботі в певній частини мережі, якщо не вводити додаткові функціональні можливості корпоративного середовища.

У разі другого підходу необхідне створення спеціального програмного забезпечення і оснащення їм обчислювальних засобів всіх користувачів. З цим пов'язаний ряд незручностей як для користувача, так і для робочої групи створення корпоративного порталу.

Істотним перевагою першого способу є можливість доступу до корпоративного порталу стандартними засобами, які підтримують протокол HTTP (Hyper Text Transport Protocol - протокол для передачі даних у вигляді гіпертексту), якими оснащені всі сучасні операційної системи.

Як показує світовий досвід роботи з електронними документами, користувачеві, як правило, необхідна будь-яка частина запитуваної

					ДП-1.ЛА-5114.000.001	
3	А	№ докум.	Підп	Д		

документа, але додатки, що функціонують в гіперпросторі, як правило, повертають на запит весь документ з надлишковими даними, що і призводить до підвищеної завантаженості інформаційних каналів.

Дана проблема вирішується при використанні технології XML(EXtensible Markup Language - розширювана мова розмітки). Далі розглянемо більш детально, які додаткові можливості при розробці автоматичних систем, що функціонують в гіперпросторі, дає вищезгадана технологія.

#### **4.2. XML як інструментарій створення гіпермоделей однорідних структур.**

В даний час більшість систем автоматичного управління стикається з низкою труднощів, які найчастіше пов'язані з неможливістю пристосовуватися до навколишніх умов. Застосування спеціалізованих процесорів, здатних вивести систему з ситуації, що склалася, отримало досить широке поширення.

Системам автоматичного управління, що функціонують в гіперпросторі, для створення подібних обчислювальних середовищ потрібна якась платформа, здатна увібрати всю простоту і міць однорідних структур.

Мова розмітки XML описує і структурує зміст документа XML або пакета даних, більш відомого як сутність XML. Ця розмітка складається з тегів (осередків) і містить посилання на спеціальні символи або текстові макроси, а також передає спеціальні інструкції програмного забезпечення програми та коментарі редакторам документа.

Правильно оформлені документи XML визначаються в формі ієрархічного дерева, причому кожен документ має один і тільки один кореневий вузол, званий сутністю (коренем) документа. Цей вузол може містити команди обробки і / або коментарі і завжди містить гілку елементів, корінь якої називається елементом документа. Цей елемент породжує всі інші елементи документа і не може міститися ні в якому іншому елементі. Таким чином, XML-документ можна представити у вигляді однорідної структури

					ДП-1.ЛЛ-5114.000.001	
3	А	№ докум.	Підп	Д		

елементарних осередків (тегів), з'єднаних ієрархічним чином відповідно з певними правилами.

Узагальнену структуру об'єкта даних XML можна уявити в вигляді дворівневого узагальненого каскаду (рис. 4.1, а). Вкладаючи каскад, наприклад в однорідну лінійну структуру, ми при певній настройці відповідних осередків можемо домогтися реалізації бажаної функції. На рис. 4.1, б наведено приклад реалізації вихідного узагальненого каскаду, описуваний формулою:

де \* - необхідні логічні операції.

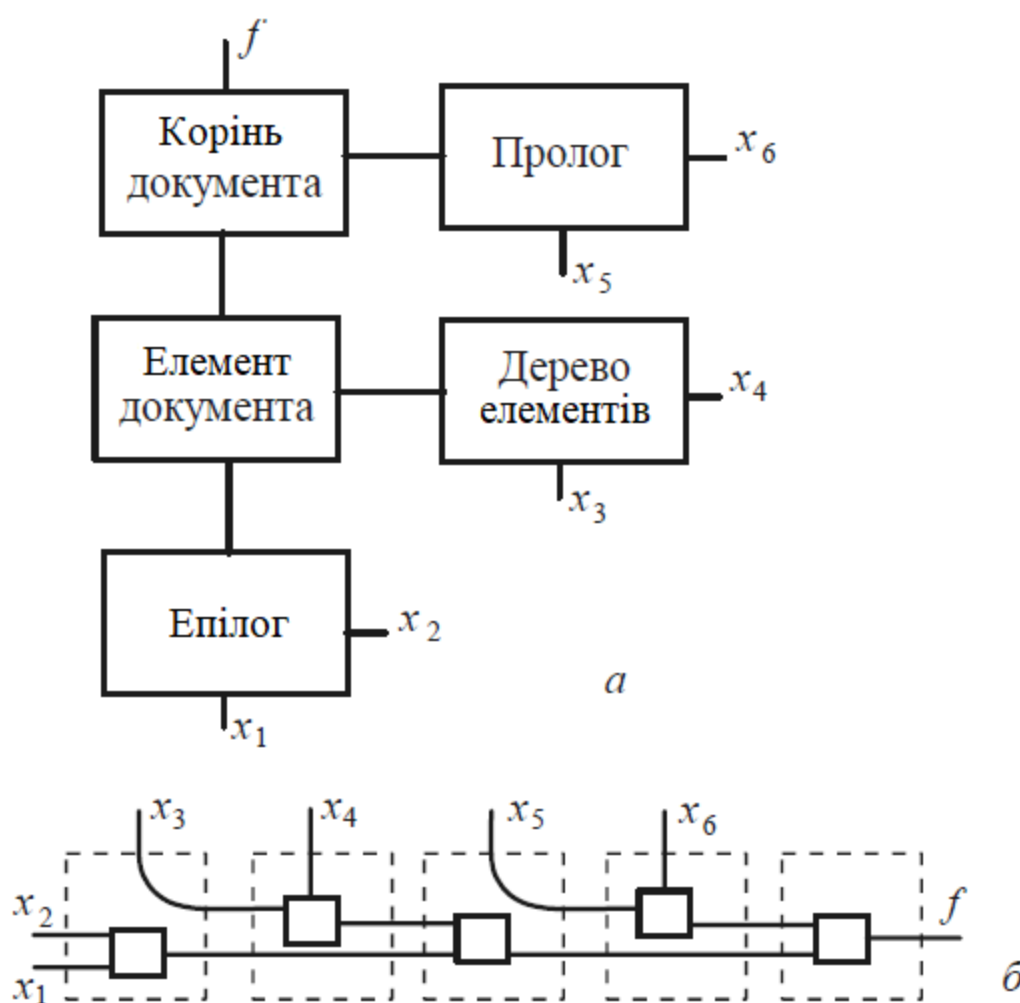


Рис. 4.1. Приклад реалізації структури об'єкта даних HTML в двухканальній однорідній структурі

Розглянуті вище принципи проілюструємо на прикладі автоматизації процесу.



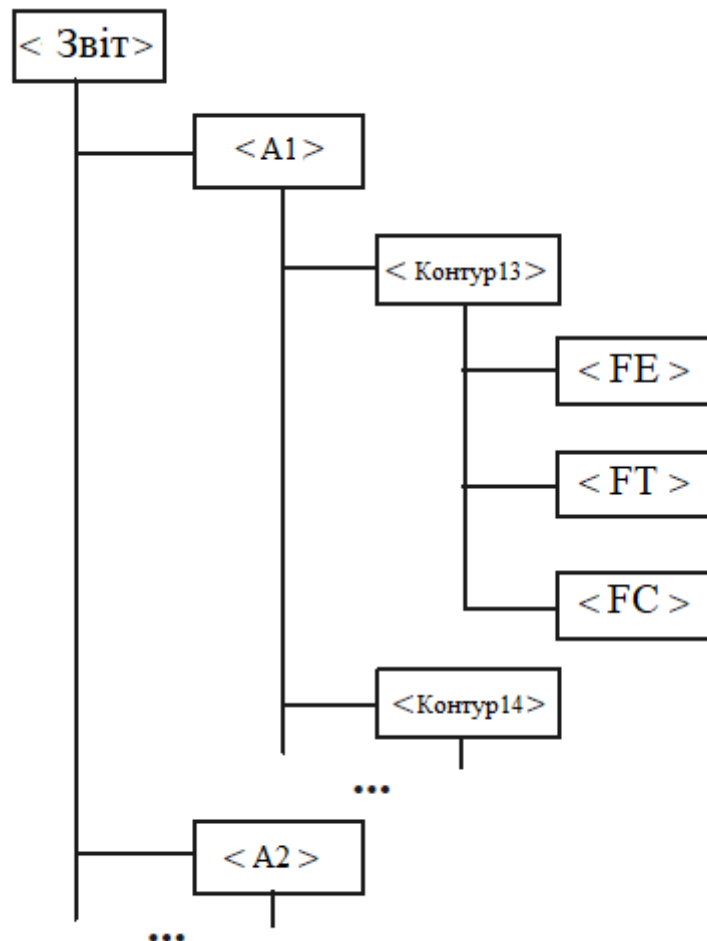


Рис. 4.2. Приклад автоматизації в XML-формі.

Результати тестування належать операторам, котрі проходили цей тест, а вони, в свою чергу, записані до відповідної групи, яка входить в список груп, які складала тестування.

Фізично виконане тестове завдання не може частково належати одному кого навчають, а частково іншому. Крім того, якого навчають, може займатися тільки в одній групі, а не в двох одночасно. Нарешті, список групи повинен бути розміщений в журналі звітності.

Даний приклад показує надзвичайно важливе обмеження, що накладається на елементи мовою XML, - їх правильну вкладеність. Тут можна провести аналогію з фізичним об'єктом, більш того, елементи XML є об'єктами, які повинні підкорятися тим же правилам, що і фізичний об'єкт.

Важливою перевагою XML-технології є здатність трансформувати. При роботі на різних платформах і взаємодії з іншими додатками даний аспект

					ДП-1.ЛЛ-5114.000.001	
3	А	№ докум.	Підп	Д		

дуже важливий, так як не всі мають можливість використовувати для своїх даних ту ж структуру, що і ми.

Згенерований додатком або збережений у текстовому файлі XML-документ міститься в фіксованому форматі. Хоч XML-документ не залежить від платформи і може передаватися між різними частинами програми, в деяких випадках потрібна інформація з інших структур. Крім того, може знадобитися трансформувати динамічно структуру документа в інтерактивний документ, наприклад, для того, щоб привести її у відповідність із запитом користувача.

Виділимо три основні категорії трансформації:

- структурні - перетворення структури даних з одного словника XML в інший;
- створення динамічних документів - у користувача з'являється можливість змінювати порядок, сортувати і фільтрувати частини документа XML;
- трансформація в мову формування зображення - підготовка документа для візуального представлення в будь-якої формі браузера користувача.

Схема структури трансформації частини документа XML представлена на рис. 4.3.

Інформація при попаданні в ячейки XML, з'єднані певним чином за розділами правил трансформації, здійснює настройку і перенастроювання моделі на всі задані алгоритми функціонування.

Проілюструємо, як даний підхід може відбитися на вищенаведеному прикладі (див. рис. 4.2). При бажанні користувач може провести сортування, фільтрацію результатів тестування в таблиці і/або відобразити їх у вигляді графіка успішності за проміжок часу. В даному випадку досягається інтерактивність, тобто Ви завжди маєте можливість вибрати і впливати на кінцевий результат функціонування системи. При цьому немає необхідності звертатися до сервера, так як вся необхідна інформація вже знаходиться у користувача порталу, потрібно тільки вибрати форму представлення даних, в

					ДП-1.ЛЛ-5114.000.001	
3	А	№ докум.	Підп	Д		

якій закладена інформація про вибір стратегії зміни структури гіпермоделі. Остання інформація перебудовує структуру на один з заздалегідь визначених алгоритмів управління. В підсумку у користувача з'являється необхідна інформація в бажаній формі уявлення. Цей нюанс також дозволяє знизити навантаження на інформаційні канали.

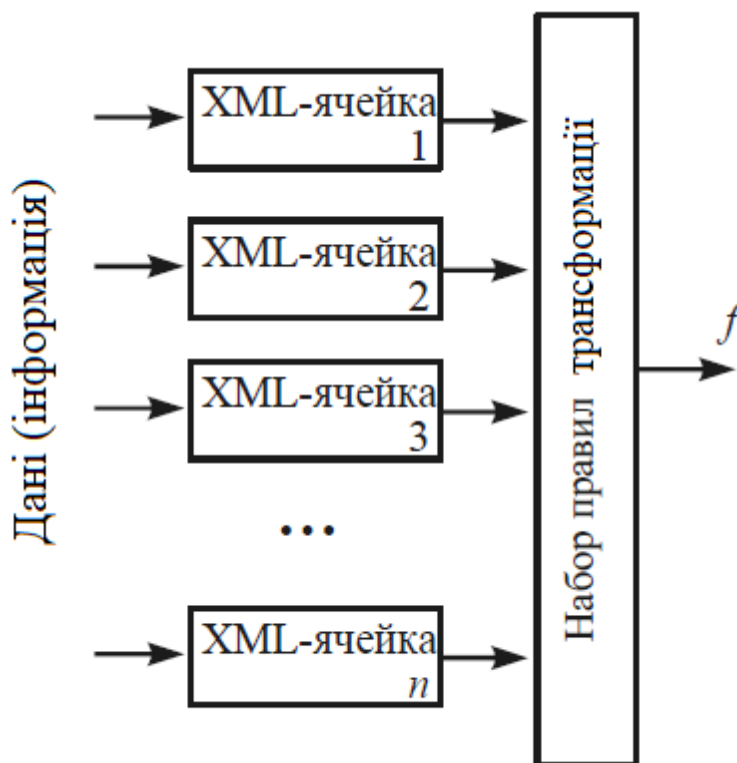


Рис. 4.3. Структура трансформації даних в XML-технології

Таким чином, при побудові апаратно-програмного майданчика розглянута технологія дозволяє створювати повноцінні програми, здатні функціонувати в гіперпросторі і взаємодіяти з іншими додатками, що використовують інші структури при передачі даних.

#### 4.3. Подібність процесів в системах автоматичного керування і навчання.

В даний час планування процесу навчання здійснюється головним чином на основі емпірично накопичених знань, експертних оцінок, які формувалися на основі самооцінок і самоаналізу. Складний і багатогранний характер навчання не дозволяє робити будь-які однозначні твердження щодо його результату.

Для організації навчання необхідно мати інформацію про: вихідні або початкові знання і уміння учня; особливості і характер процесу їх формування; знання і уміння, придбані в процесі навчання; критерії і способи контролю результатів навчання, а також способи корекції процесу при відхиленні від цілі. Особливе значення в цій системі має зворотний зв'язок, який тісно пов'язаний з мотивацією і активізацією навчання. Зворотній зв'язок в процесі навчання, реалізуючи контроль і самоконтроль, спрямована на виявлення відповідності досягнутих результатів намічених цілей.

Найбільш важливим компонентом системи організації навчання є критерії навчання, завдяки яким дотримується сталість в оцінці знань і умінь. При формулюванні критеріїв необхідно враховувати умови протікання реального процесу навчання і обмеження, що ґрунтуються на існуючих теоретичних уявленнях, експериментальних даних і т.п.

Застосування нових технологій і технічних засобів в організації навчання видозмінює характер діяльності учнів; вимагає глибшого вивчення самого процесу навчання.

Використання нових технологій і технічних засобів вимагає певної стандартизації, тобто викладач, що управляє процесом навчання за допомогою технічних засобів, повинен мати перелік вказівок, відповідно до яких він організовує свою діяльність і діяльність учнів. Індивідуальний, досвід, що емпірично сформувався, викладача поступається місцем усвідомленим закономірностям навчально-виховної діяльності. У зв'язку з цим виникла задача уявлення освітнього процесу у вигляді динамічної системи.

Динамічна система в загальному випадку являє собою сукупність організаційних, технічних та педагогічних заходів, спрямованих на оптимальну індивідуалізацію і керованість процесом навчання. Система дозволяє створювати навчальні програми наступних режимів роботи: навчання, контроль, довідково-інформаційний пошук, діалогові обчислення, моделювання, програмування, управління системою дослідження та ін.

					ДП-1.ЛА-5114.000.001	
3	А	№ докум.	Підп	Д		

Коли говорять про навчання, то завжди мають на увазі існування тієї чи іншої мети, яка в результаті навчання повинна бути досягнута. У загальній формі мета навчання є той стан, до якого повинна прийти навчається система в результаті навчання.

Необхідність в навчанні виникає щоразу, коли наявна в нашому розпорядженні завжди апріорна інформація неповна. Той чи інший вид навчання залежить від ступеня неповноти апріорної інформації.

Розрізняють два види навчання: навчання з заохоченням і навчання без заохочення.

При навчанні з заохоченням передбачається, що в кожен момент часу ми заздалегідь знаємо бажану реакцію навчальної системи і використовуємо різницю між бажаною і дійсною реакцією, тобто помилку навчальної системи, для зміни в потрібному напрямку її властивостей.

При навчанні без заохочення заздалегідь не відома бажана реакція навчальної системи, і в явному вигляді її неможливо сформулювати, а значить, і використовувати помилку цієї системи для зміни її властивостей.

Узагальнюючи вищесказане, можна провести наступну аналогію. Навчання з заохоченням відповідає очному навчанню, при якому викладач може відповісти на всі питання, що виникають у учня. Навчання без заохочення відповідає заочному, тобто навчання за деякими методичними вказівками, навчальними посібниками, складеним викладачем, і той, якого навчають не має безпосередньої можливості з'ясувати незрозумілі питання.

Покажемо подібності між процесом навчання і технологічним процесом, описуваних за допомогою апарату теорії автоматичного управління. Уявімо учня як об'єкт управління, а викладача - як пристрій управління (рис. 4.4, де  $s$  - величина, відповідна в теорії автоматичного управління сигналом завдання, в процесі навчання - цілі навчання). Надалі по тексту в процесі встановлення відповідності між процесом навчання і технологічним процесом, описуваних за допомогою теорії автоматичного управління, приймемо наступне позначення: терміни, що знаходяться в дужках, відносяться до теорії

					ДП-1.ЛА-5114.000.001	
3	А	№ докум.	Підп	Д		

автоматичного управління, а ставляться їм у відповідність висловлювання знаходяться поруч поза дужками. Величина  $f$  - зовнішні обурюючі фактори, що впливають на учня (зовнішній вплив, що обурює, що діє на об'єкт управління);  $y$  - результат, отриманий від того, якого навчають (вихідна керована величина);  $z$  - контроль навчання (помилка управління), що досягається за допомогою негативного зворотного зв'язку, тобто встановлення відповідності досягнутих результатів в процесі навчання заданим критеріям і прийняття необхідних рішень;  $u$  - заохочення або рекомендації (керуючий вплив);  $g$  - інформація, сприйнята учнем з урахуванням факторів, що обурюють (величина, характеризує суму керуючого впливу і зовнішнього обурення).

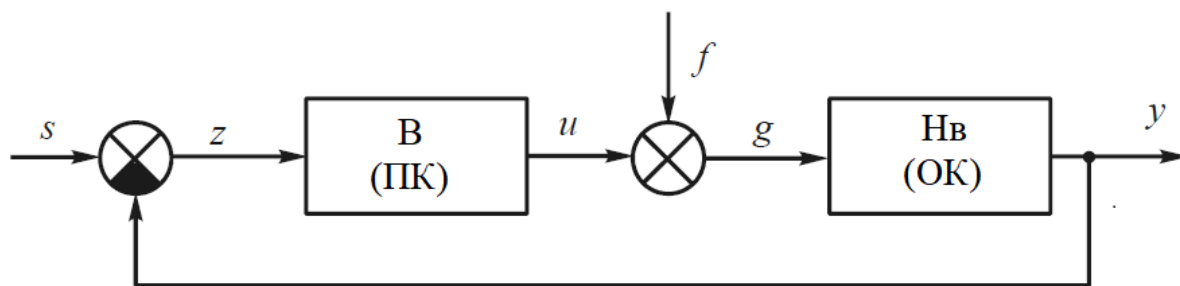
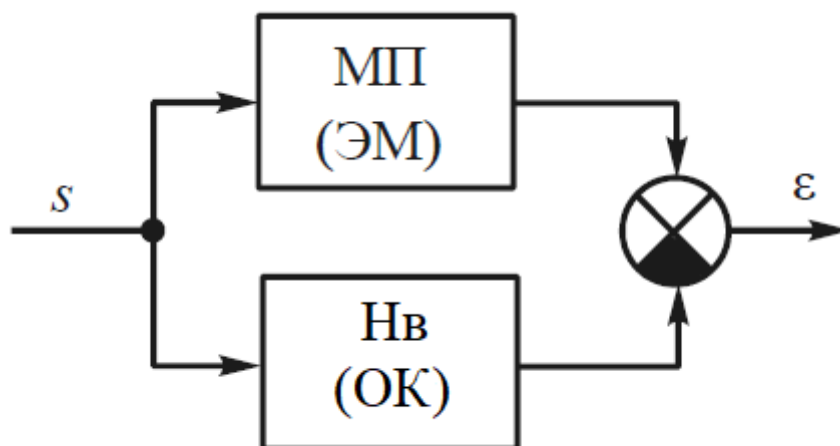


Рис. 4.4. Система автоматичного керування технологічним процесом: В(ПК) – викладач (пристрій керування); Нв(ОК) – той, кого навчають(об'єкт керування).

Процес навчання можна розглядати як процес наближення динамічної моделі, що формується в свідомості учня, до моделі змісту досліджуваного предмета (класичне виділення помилки між еталонною моделлю та об'єктом управління). Структурна схема цього процесу приведена на рис. 4.5.

Активність учнів є основним фактором, що впливає на ефект процесу навчання. Вона дуже чутлива до змін умов навчання як в позитивному сенсі (підвищення активності), так і в негативному (зниження і гальмування). взаємозв'язок між активністю і досягаємым результатом виражається перевернутої параболою. Ця крива показує, що результати досягають максимуму при певному середньому рівні активності і віддаляються від

максимуму тим далі, чим більше рівень активності відстає від свого оптимального значення.



Мал. 4.5. Структура виділення помилки за допомогою еталонної моделі:

МП (ЕМ) - модель предмета (еталонна модель); Нв (ОК) - той, якого навчають (об'єкт управління);  $s$  - мета навчання (сигнал завдання);  $\varepsilon$  - помилка в явній формі (сигнал неузгодженості)

Таким чином, викладач (пристрій управління) в процесі навчання повинен проводити безперервну оцінку учня (об'єкта управління) на основі своїх знань про предметну область і на основі цієї інформації видавати рекомендації, що направляють учня до мети. Виходячи з цього, схему, представлену на рис. 4.4, можна перетворити (рис. 4.6).

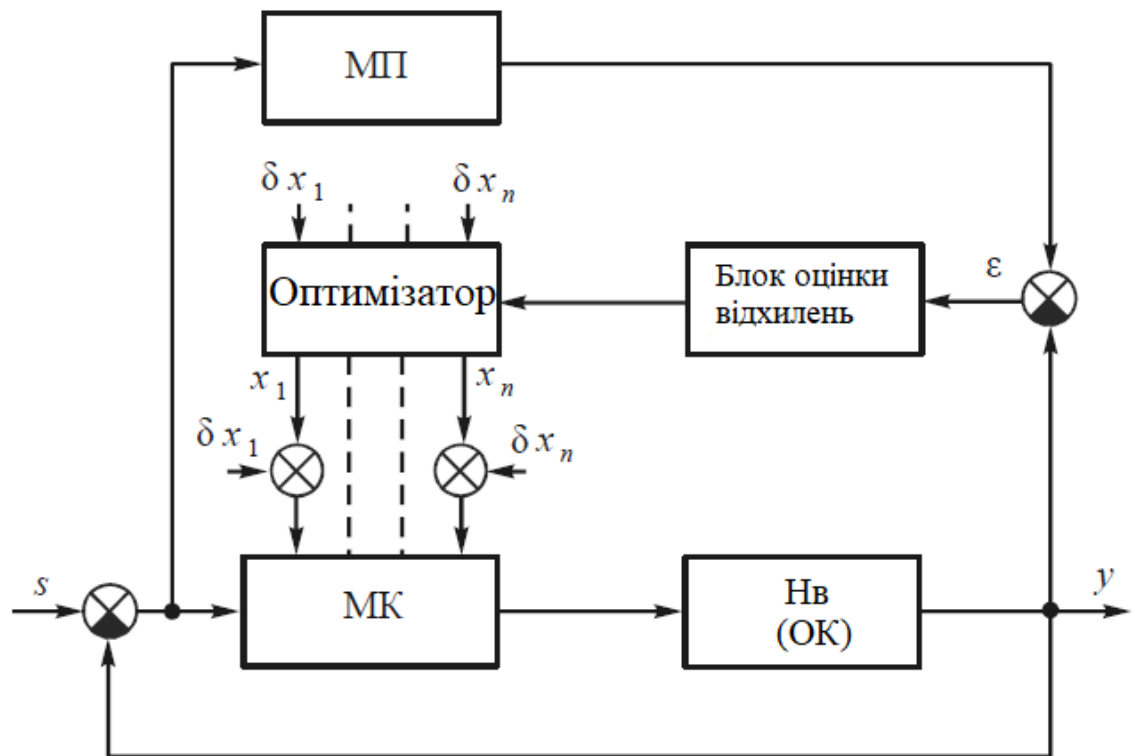


Рис. 4.6. Загальна схема системи навчання: МК – модель контролю навчально-пізнавальної діяльності.

Необхідно визначити мету одночасно для учня і моделі предмета. Слід зауважити, що застосування в цій моделі принципів перебудовуються структур дозволяє використовувати інформацію з різних предметних областей. Результати учня і моделі змісту навчального матеріалу зіставляються, і з їх відмінностей формується оцінка відхилень.

На модель контролю навчально-пізнавальної діяльності (коригуючий пристрій), крім основних рекомендацій по досягненню необхідної мети і  $x$  ( $1, 2, \dots, i, n =$ ), подаються навідні запитання (Пошукові складові) і  $\delta x$ .

Для підтримки активності учня застосовується оптимізатор, який, використовуючи інформацію про навідних питаннях (пошукових складових) і  $\delta x$ , виявляє відхилення від екстремуму оцінки і виробляє необхідні рекомендації, тим самим зводячи помилку між знаннями учня і моделлю змісту навчального матеріалу до мінімуму, а значить, підвищує ефект процесу навчання.



Таким чином, використання даного підходу дозволяє створювати гіпермоделі, що імітують процес навчання, що наділяє розробляється корпоративний портал широкими можливостями при функціонуванні в умовах неповної інформації.

#### **4.4. Узагальнена структура порталу.**

Виходячи з розглянутих в попередньому розділі підходів до синтезу систем управління, виділимо основні модулі, на які спирається розроблений корпоративний портал:

- бази знань;
- модуль контролю;
- модуль лабораторного практикуму;
- модуль оперативного обміну даними.

При побудові подібних систем зазвичай виникає питання, що таке знання і чим вони відрізняються від звичайних даних. Під даними будемо розуміти інформацію, отриману в результаті спостережень або вимірювань окремих властивостей, які характеризують об'єкти, процеси і явища предметної області. Під знаннями ж будемо розуміти зв'язку і закономірності предметної області (принципи, моделі, закони), отримані в результаті практичної діяльності і професійного досвіду, що дозволяє фахівцям ставити і вирішувати завдання в даній галузі.

При роботі зі знаннями ключовим етапом є формування поля знань (виявлення і визначення об'єктів і понять предметної області, їх властивостей і зв'язків між ними, а також подання їх в наочної і інтуїтивно зрозумілій формі).

Узагальнену синтаксичну структуру поля знань (Pz) можна уявити як

де I - структура вихідних даних, що підлягають обробці і інтерпретації в системі; O - структура вихідних даних, тобто результат роботи системи; M - операційна модель предметної області, на підставі якої відбувається модифікація I в O.

					ДП-1.ЛЛ-5114.000.001	
3	А	№ докум.	Підп	Д		

Без ретельного опрацювання поля знань не може бути мови про створення бази знань. У розробленому порталі база знань включає терміни, визначення, затвердження, ілюстративні приклади, типові завдання і методи їх вирішення, а також інтерактивні відеоматеріали і гіпердокумент предметної області.

Оскільки система знань цінна не сама по собі, а саме можливостями її використання, а використовувати цю систему можна лише виконуючи над нею ті чи інші операції, алгоритміка яких визначається особливостями мови представлення знань, будь-який сучасний метод подання знань є сукупністю взаємопов'язаних засобів формального опису знань і оперування цими описами. Під системою знань будемо розуміти сукупність знань, що зберігаються в обчислювальному середовищі і необхідних для вирішення комплексу прикладних задач кінцевим користувачем.

Для такого маніпулювання представленими знаннями створені модулі контролю і лабораторного практикуму. Використовуючи ці модулі, кінцевий користувач відчуває потребу в отриманні інформації, якої бракує з тієї чи іншої предметної області бази знань.

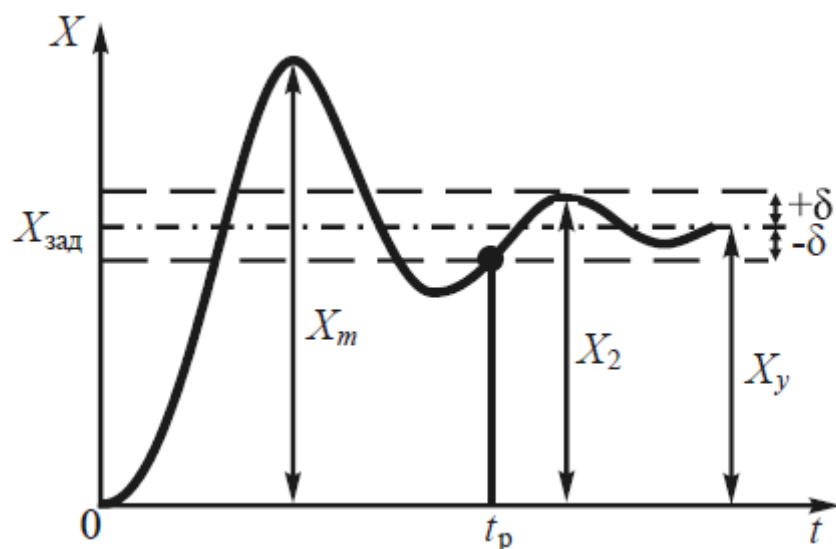
У модулі контролю зібраний ряд методів тестування та оцінки знань. Для можливості оцінки знань кінцевого користувача обчислювальним середовищем запропонований підхід, який базується на оцінці основних показників якості перехідного процесу в системах автоматичного управління.

Даний підхід розглядається за аналогією з процесами, що протікають в навчанні і системах автоматичного управління. Під основними показниками якості управління будемо розуміти величини, що характеризують систему в перехідному процесі, викликаному певними зовнішніми впливами:

- 1) помилка регулювання;
- 2) час регулювання;
- 3) перегулювання;
- 4) показник коливності.

					ДП-1.ЛА-5114.000.001	
3	А	№ докум.	Підп	Д		

Графік перехідного процесу системи автоматичного регулювання по каналу завдання представлений на рис. 4.7.



Мал. 4.7. Приклад перехідного процесу, ілюструє показники його якості

Величину перегулювання можна обчислити за формулою

Величина перерегулювання - максимальна помилка, яку допускає кінцевий користувач щодо досягнутої мети (завдання).

Час регулювання  $t_r$  - це час, за яке результати кінцевого користувача починають відрізнятися від досягнутої мети менш, ніж на заданий  $\delta$ , де  $\delta$  - точність. Іноді може виникати помилка, яка не зникає навіть після закінчення тривалого інтервалу часу, це статична помилка регулювання  $\varepsilon_{ст}$ . Дана помилка не повинна перевищувати деякої наперед заданої величини.

Ступінь загасання  $\Psi$  показує, наскільки швидко кінцевий користувач досяг поставленої мети і обчислюється за формулою

Після того як кінцевий користувач відповість на всі питання, видані модулем контролю, відбувається передача результатів в форматі XML на сервер. У цих результатах закладені ідентифікаційний номер кінцевого користувача, ідентифікаційний номер питання, ідентифікаційний номер обраного кінцевим користувачем відповіді і кількість часу, яка була потрібна йому для цієї операції. На сервері відбувається обробка отриманої

інформації, перетворення її в потрібну форму і обчислення кількісних показників якості знань кінцевого користувача.

Модуль лабораторного практикуму побудований на базі Java-апплетів за принципом, що базується на імітаційному моделюванні. Пріоритет цього принцип був відданий не тільки через можливість аналізу систем в умовах великої розмірності і неповної інформації про структуру системи, а й через доступності методології для широкого кола фахівців.

Поряд з універсальним характером і високим рівнем деталізації механізмів функціонування систем додаткова перевага імітаційного моделювання полягає в можливості синтезу на його основі комплексних моделей, що поєднують переваги різних підходів.

Для подолання апріорної невизначеності структура імітаційних моделей передбачає використання інформації експерта, загальних відомостей про реальну систему, включаючи її аналітичну модель, містить блоки імітації та обробки їх результатів. Вибір тієї чи іншої структури для конкретних умов визначається рівнем вихідної інформації, що може служити основою класифікації методів імітаційного моделювання і виникають при цьому завдань [3].

Наведемо загальну структуру імітаційної моделі, закладену в програмно-апаратну лабораторну майданчик

Прийнято під структурою математичної моделі у  $F = (X, <s>)$  розуміти алгоритм  $<s>$ , що визначає порядок розрахунку вихідних змінних  $Y$  системи за значеннями її входів  $X$ .

Структура, як спосіб організації цілого із складових частин, формується в процесі декомпозиції системи з безлічі  $A$  моделей її підсистем, елементів і схем  $R$  сполучення між ними:

Ступінь конкретизації структури моделі, а отже і зміст безлічі  $A$  і характер  $R$ , залежать від рівня вихідної інформації про досліджувану систему.

В імітаційних моделях для подолання апріорної невизначеності структура (4.1) зазнає такі зміни:

					ДП-1.ЛА-5114.000.001	
3	А	№ докум.	Підп	Д		

- вводится пара  $(A_n, n, R)$ , що відображає структуру реальної системи, або послідовність дій суб'єкта, який приймає рішення. При цьому не виключається використання  $(A, R)$  і їх комбінації з  $(A_n, R_n)$ ;

- на основі  $(A_n, R_n)$  організовується алгоритм імітації  $I(A_n, R_n)$  з метою отримання даних  $V$  для заповнення відсутніх відомостей про систему;

- додатково будується алгоритм  $\psi_n(V)$  обробки результатів імітації  $V$ , вид якого залежить від виду показників ефективності системи. Якщо показники є функцією параметрів системи, то при її відновленні також можливе використання принципів імітації.

Тоді, за аналогією з (4.1), структура імітаційної моделі представимо у вигляді

Використовуючи ці принципи, кінцевий користувач отримує доступ до програмно-апаратної майданчику, на якій зведено всі необхідні йому моделі для імітації та дослідження того чи іншого технологічного процесу. Важливо, що ці дослідження для віддаленого користувача здійснюються в режимі реального часу.

Модуль оперативного обміну даними є набором додатків, за коштами яких кінцеві користувачі можуть:

- обговорювати ті чи інші тематичні питання предметної області (Форум);
- здійснювати передачу коротких повідомлень іншим користувачам, які в цей момент знаходяться на порталі (on-line);
- залишати повідомлення для відсутніх (off-line) користувачів portalу;
- проводити обмін даними (звіти, програми і т.д.).

Використовуючи корпоративний портал, викладач, маючи в своєму розпорядженні значною електронною освітнім середовищем, не витрачає часу на відтворення необхідної інформації і використовує заощаджений час для більш глибокого пояснення матеріалу. Спільне ж використання єдиного гіперпростору між викладачем і учнем створює творче інформаційне поле для отримання поглиблених практичних навичок.

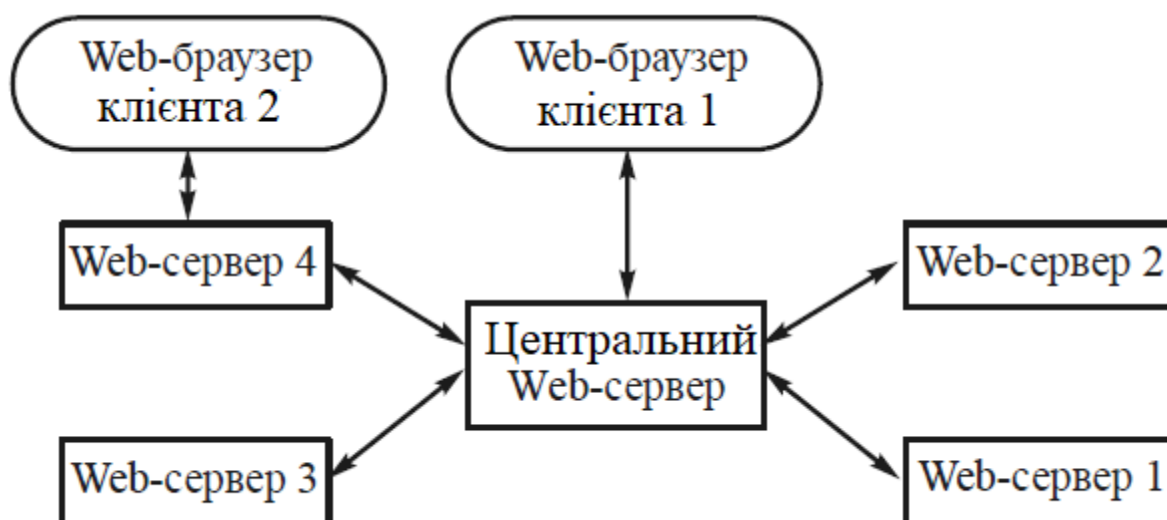
#### 4.5. Інтеграція розподілених WEB-серверів.

					ДП-1.ЛЛ-5114.000.001	
3	А	№ докум.	Підп	Д		

Кінцевому користувачеві, як згадувалося вище, для проведення комфортної роботи необхідний канал зв'язку з великою пропускнуою здатністю. На жаль, на даний момент це може бути реалізовано тільки в окремо взятих регіонах мережі (не враховуючи комерційні лінії зв'язку).

Це завдання можна вирішити шляхом встановлення в необхідних частинах мережі додаткових Web-серверів, на яких локально зберігається інформація з центрального сервера, причому при бажанні її можна оновлювати безпосередньо з останнього. Кінцевий користувач порталу має можливість вибрати віддалений сервер для роботи (свій регіон мережі) і виконувати всі необхідні операції так само, як якби він з'єднувався з центральним сервером (рис. 4.8).

Клієнти 1 і 2 мають рівні можливості, хоча можуть розташовуватися один від одного на великій відстані. Це забезпечується за допомогою виклику віддалених процедур на розширюваному мовою розмітки XML-RPC (eXtensible Mark-up Language Remote Procedure Call), який являє собою порівняно нову технологію виклику методів на розподілених комп'ютерах і добування інформації з цих методів. За допомогою мови XML передаються структуровані повідомлення, інкапсулюючі виклики функцій, які виконуються в віддалених системах; таким чином можна безшовно інтегрувати локальні і віддалені системи.



Мал. 4.8. Структура обміну даними між серверами і клієнтами

Проілюструємо, як ця перевага можна використовувати, наприклад, в навчанні.

На занятті в класі, обладнаному технічними засобами, - персональними комп'ютерами (ПК), об'єднаними в обчислювальну мережу з виходом в Internet, великим монітором (БМ), підключеним до головного комп'ютера (ГК) класу, - викладач з головного комп'ютера підключається до бази знань одного з регіональних Webсерверів (СР) порталу і завантажує необхідну йому інформацію, при чому вся інформація, представлена в мультимедійній формі, відображається на великому екрані (плазмової панелі) і дублюється на всіх стандартних моніторах персональних комп'ютерів, розташованих в аудиторії. У тих, хто навчається з'являється можливість сприймати інформацію в зручній формі (колір, відео, звук) і відтворити її самостійно в будь-який момент часу з будь-якої частини глобальної інформаційної мережі.

Наведемо ієрархію такого процесу на рис. 4.9. Одночасно з порталу можна отримувати інформацію як по одній дисципліні, так і за різними. Наприклад, в момент часу  $t_1$  на ГК<sub>1</sub> і ГК<sub>3</sub> відтворюється інформація по умовної дисципліни 1, причому комп'ютери можуть бути розташовані на великій відстані один від одного (різні вузи), а на ГК<sub>2</sub> відтворюється інформація по умовної дисципліни 2 і т.д. Досягається це тим, що вся інформація, розташована на сервері, представлена в XML-формі і має однорідну структуру, тому без праці може перебудовуватися в потрібну форму.

					ДП-1.ЛА-5114.000.001	
3	А	№ докум.	Підп	Д		

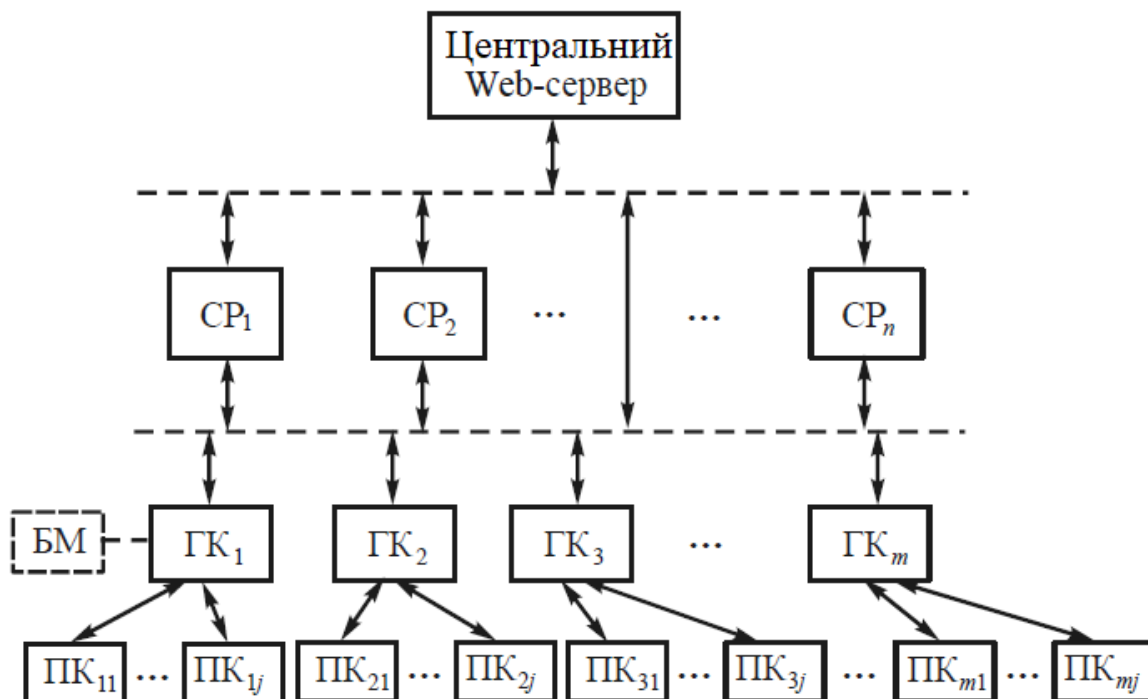


Рис. 4.9. Приклад ієрархії процесу, оснований на використанні корпоративного порталу

Таким чином, використання перебудовуються структур дає широкі можливості при передачі, обробці інформації, завданні алгоритмів функціонування того чи іншого пристрою і автоматизації технологічних процесів.

#### 4.6. Висновки.

Розглянуті принципи застосовуються при побудові корпоративних порталів різного призначення. Основою для функціонування порталу може бути наступним програмним забезпеченням:

- Web-сервер: Apache ver.1.3.20;
- мова сценаріїв: PHP ver. 4.2.3;
- СУБД: MySQL ver. 3.23.51.

Застосування мови розмітки XML дає широкі функціональні можливості при розробці основних додатків і наділяє портал базовими властивостями однорідності. Цей аспект призводить до того, що взаємодія між додатками сервера і клієнта істотно спрощується, оскільки програма може сама визначати структуру документа XML. Отже, можна написати додатки, що



створюють документи з новою структурою, і ці документи можуть бути інтерпретовані без необхідності створення спеціального програмного забезпечення.

В цьому випадку всі елементи обробки даних нашої мережі серверів, клієнтів і додатків будуть використовувати один і той же механізм обміну даними. Такий механізм є розширюваним і дозволяє визначати структуру документа в процесі роботи додатка, тобто досягається підлаштування. Крім того, він підтримується практично на кожній платформі, простий у використанні і здатний обробляти дані розмітки з різних джерел. Для виконання запитів клієнтів розробники додатків зможуть використовувати дані з інших серверів і нетрадиційних джерел.

Таким чином, Web-додатки зможуть перейти від архітектури клієнт/сервер на істинно багаторівневу модель.

					ДП-1.ЛЛ-5114.000.001	
3	А	№ докум.	Підп	Д		

## 5. Охорона праці

Завдання охорони праці – звести до мінімуму імовірність ураження або захворювання працюючого з одночасним забезпеченням комфорту при максимальній продуктивності праці. Реальні виробничі умови характеризуються, як правило, наявністю деяких небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

Відповідно до теми дипломного проекту «Автоматизація процесу карбоксилювання» було розроблено безпечні умови для обслуговуючого персоналу. Тому питання безпеки та покращення умов праці разом з підвищенням продуктивності та продукції, що випускається, є визначальними.

Контроль параметрів технологічного процесу здійснює оператор лінії, пульт якого знаходиться в приміщенні цеху, площа якого  $S=400 \text{ м}^2$  та об'ємом  $V=1200 \text{ м}^3$ .

Шкідливими і небезпечними виробничими факторами є:

- 1) виробничий шум;
- 2) повітря робочої зони;
- 3) електронебезпека;
- 4) пожежна безпека.

					ДП-1.ЛЛ-5114.000.001	
3	А	№ докум.	Підп	Д		

## 5.1. Шум

Джерелом шуму при роботі обладнання є:

- насоси;
- електродвигуни;
- вентилятори;

Загальний рівень шуму при роботі з обладнанням є:  $L=89$  дБА;

Захист від шуму досягається розробкою шумобезпечної техніки, застосуванням засобів і методів індивідуального і колективного захисту, будівельно-акустичними методами. Засоби колективного захисту діляться стосовно джерела шуму: понижуючі шум у джерелі виникнення (найбільше ефективно); понижуючі шум на шляхах його поширення.

Згідно санітарно – технічному паспорту установки рівень шуму в робочій зоні операторів складає 60 дБА, що не перевищує норми.

Для зменшення виробничого шуму передбачені наступні заходи:

- використання шумо-ізолюючих кожухів  $\Delta L=12$  дБА;
- своєчасне змащування всіх поверхонь, що труться  $\Delta L=6$  дБА;
- своєчасний ремонт всіх механічних вузлів за регламентом  $\Delta L=5$  дБА;
- своєчасна заміна всіх механічних вузлів за регламентом  $\Delta L=5$  дБА.

Фактичні показники шуму ( $L = 60$  дБА) не перевищують допустимі, які встановленні ДСН 3.36.037-99.

Як індивідуальні засоби захисту від шуму відповідно до ГОСТ 12.4.029-80 використовують м'які прогумовані вкладиші, протишумові навушники ПШН-Б ( $\Delta L=10$  дБА), вкладиші «Беруши СТ-1» ( $\Delta L=16$  дБА).

					ДП-1.ЛЛ-5114.000.001	
3	А	№ докум.	Підп	Д		

## 5.2. Повітря робочої зони

Під час процесу карбоксилювання можливе не значне виділення шкідливих парів та теплове випромінювання.

До засобів нормалізації повітряного середовища виробничих приміщень і робочих місць відносяться пристрої вентиляції, кондиціонування й очищення повітря, опалення. Додатково до технологічних заходів системами опалення й вентиляції повітряне середовище в приміщеннях доводиться до вимог санітарних норм і правил техніки безпеки.

Робота операторів на пересувній установці відноситься до важкої фізичної роботи через те, що установка розташована в умовах шуму, пилу, робота проводиться в 2 зміни. Енерговитрати за таких умов праці складають більше 293 Дж/с. У зв'язку з цим передбачено можливість відпочинку персоналу в закритому приміщенні.

Фактичні параметри температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні для даної категорії робіт наведені у таблиці.

**Таблиця 5.1 – Фактичні параметри температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні**

Категорія робіт – 1б

Сезон року	Температура,	Відносна	Швидкість
	°C	вологість, %	руху повітря, м/с
	Фактична	Фактична	Фактична
Холодний	19-20	40-65	0,2
Теплий	20-25	40-70	0,2

Забезпечення параметрів здійснюється в зимовий час за допомогою водяного опалення з температурою теплоносія 343-363К, а в теплий час року вентиляцією. Вентиляція відбувається за рахунок центральної системи вентиляції цеху, яка була розроблена відповідно до норм. Параметри повітря робочої зони відповідають і ДСН 3.3.6.042-99.

### 5.3. Електронебезпека

Приміщення хімічної промисловості, за класифікацією ПУЕ (правила установки електрообладнання) відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою ураження людей електричним струмом.

Електричне устаткування на проектованій установці живиться від 3-х фазної провідної електричної мережі перемінного струму з глухо заземленою нейтраллю напругою 220/380 В і частотою 50 Гц.

Дія на організм людини електричного струму напругою вище 42В (для особливо небезпечних приміщень - 12В) небезпечно для життя.

Основними причинами ураження струмом є:

- поява напруги на відключених струмоведучих частинах, на яких працюють люди, унаслідок помилкового включення установки;
- виникнення крокової напруги на поверхні землі в результаті замикання проводу на землю;
- поява напруги на металевих конструктивних частинах електроустаткування - корпусах, кожухах і т.д. у результаті ушкодження ізоляції й за інших причин;
- випадковий дотик чи наближення на небезпечну відстань до струмоведучих частин, що знаходиться під напругою.

Відповідальність за своєчасне забезпечення працівників і комплектування електроустановок засобами захисту згідно з нормами комплектування, за організацію належних умов зберігання, створення необхідного запасу, своєчасне проведення періодичних оглядів і випробувань, вилучення непридатних засобів та організацію обліку несе власник цих засобів.

Поява напруги на неструмовідних частинах електроустановок пов'язана з пошкодженням ізоляції і замиканням на корпус. Основними технічними заходами щодо попередження електротравм при замиканнях на корпус є занулення, захисне відключення. Заземлення в електроустановках — це

					ДП-1.ЛА-5114.000.001	
3	А	№ докум.	Підп	Д		

навмисне з'єднання елементів електроустановки, які не знаходяться під напругою, з глухо заземленою нейтраллю генератора чи трансформатора в мережах трифазного струму, з глухо заземленим вводом джерела однофазного струму, з глухо заземленою середньою точкою джерела в мережах постійного струму. Опір ізоляції повинен бути  $\geq 0,5$  МОм.

Електрична апаратура, встановлена всередині робітничих приміщень, повинна мати ступінь захисту  $I_p=51$  (ГОСТ 14254-80).

Ізоляція провідників виміряється мегаомметром П044Т У25-0.4-1970-80.

Основними заходами від ураження електричним струмом є:

- ізоляція струмопровідних частин пульта керування ( $R \geq 0,5$  Ом);
- електророзділення мережі за допомогою спеціальних розділяючих трансформаторів;
- рубильники включення замкнені в спеціальних шафах;
- при роботі з електроінструментом, потрібно застосовувати індивідуальні захисні засоби, такі як діелектричні рукавички і калоші, гумові килимки, ізольовані підставки;
- блокування безпеки;
- орієнтація в електроустановках;
- малі напруги для переносного інструменту.

Забороняється:

- проводити роботи на незанулених вузлах лінії;
- проводити ремонт лінії без вимкнення електричної мережі;
- залишати лінію, що працює без нагляду;
- допускати до роботи людей, які не пройшли навчання і не були ознайомлені з правилами техніки безпеки на виробництві.

Вимоги до засобів захисту, їх конструкції та обсягів і норм випробувань, порядку застосування і зберігання, комплектування засобами захисту електроустановок та виробничих бригад виконано у відповідності до

					ДП-1.ЛА-5114.000.001	
3	А	№ докум.	Підп	Д		

вимог ДНАОП 1.1.10-1.07-01 "Правила експлуатації електрозахисних засобів". Занулення установки виконується відповідно до ГОСТ 12.1. 030-81.

Засоби захисту, що використовуються в електроустановці, відповідають вимогам чинних державних стандартів, технічних умов щодо їх конструкції.

#### 5.4. Пожежна безпека

В виробничому цеху, де працює лінія може спалахнути: промаслена ветош, машинне масло, електропроводка, електрообладнання, матеріали. Отже, приміщення, де знаходиться лінія відноситься до категорії „В” ОНТП 24-86, і класу зони П-І( ПУЕ ).

Це виробництво в якому використовуються рідини з температурою спалаху вище 70°C і горючі пили або волокна, нижня границя займання яких більше 65 мг/м<sup>3</sup> , тверді речовини і матеріали, що займаються, які здатні лише горіти, але не вибухати при контакті з повітрям, водою або один з одним.

Причини пожежі:

- струм, перевантаження, великі перехідні опори;
- загоряння ізоляції нагрівачів;
- несправність електрообладнання;
- пряме ураження блискавкою, що може викликати пожежу і руйнацію будівлі.

Засоби запобігання виникненню пожежі:

- дотримання технологічних норм і правил експлуатації;
- обмеження в застосуванні відкритого вогню;
- паління тільки у відведених для цього місцях;
- своєчасне проведення інструктажу з техніки безпеки серед обслуговуючого персоналу;

					ДП-1.ЛЛ-5114.000.001	
3	А	№ докум.	Підп	Д		

- наявність засобів сигналізації, зокрема, системи електричної пожежної сигналізації (ЕПС) і засобів оперативного зв'язку з пожежною частиною;

- наявність засобів пожежогасіння в безпосередній близькості від установки (пісок, вогнегасники).

В якості засобів гасіння пожежі використовують вогнегасники «ОУ-5», щити і ящики з піском.

Для гасіння включених електромереж застосовують порошкові вогнегасники «САМ-9» (5 шт.). Також використовуються пожежні рукави Ф77.

В час виникнення пожежі передбачена пожежна сигналізація – теплові оповіщувальні пристрої типу ДТП. Інформація від оповіщувачів надходить в приймальну станцію.

При виникненні пожежі, люди повинні залишити приміщення. Відповідно до СН.П 2.09.02-85 в приміщенні знаходяться два еваковиходи. Сам цех – це приміщення, яке розташоване на першому поверсі. Ширина шляхів евакуації не менше одного метру, а дверей на шляху евакуації – не менше 0,8 м. Двері еваковиходу повинні відкриватись на зовні, відповідно до СНиП2.09.02-85. На рис. представлено план евакуації з цеху.

Вжиті міри забезпечують відповідність лінії до вимог охорони праці та навколишнього середовища, безпечну роботу персоналу на лінії виробництва та готовність до надзвичайних ситуацій.

					ДП-1.ЛА-5114.000.001	
3	А	№ докум.	Підп	Д		



## Висновки

У поданій роботі було розглянуто процес карбоксилювання. Вся інформація по даному виробництву викладена у п'ятьох розділах.

У першому розділі детально описаний кінцевий продукт виробництва – алкілфенолят натрію, а також основна сировина – алкілфенол, що використовується для видобування алкілфеноляту натрію. Було розглянуто різні технологічні процеси, за допомогою яких можна отримати алкілфенолят натрію.

Другий розділ містить у собі опис технологічної схеми процесу карбоксилювання: опис роботи системи, опис контурів, аварійний захист та систему технічних блокувань.

У четвертому розділі було розглянуто віддалене керування процесом, а саме подібність процесів в системах автоматичного керування і навчання.

Третій розділ охоплює математичне моделювання реактору, одного з основних приладів у багатьох технологічних процесах карбоксилювання.

У п'ятому розділі були встановлені норми охорони праці. Міри захисту забезпечують відповідність лінії до вимог охорони праці та навколишнього середовища, безпечну роботу персоналу на лінії виробництва та готовність до надзвичайних ситуацій.

					ДП-1.ЛА-5114.000.001	
3	А	№ докум.	Підп	Д		

## Література

1. **М. В. Лукінюк** Автоматизація типових технологічних процесів: технологічні об'єкти керування та схеми автоматизації [Текст] : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом «Автоматизація і комп'ют.-інтегр. технології / М. В. Лукінюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2008. – 236 с. : іл. – Біблігр.: с. 230-231. – 200.

2. **М. В. Лукінюк** Технологічні вимірювання та прилади Технологічні вимірювання та прилади: Навч. посіб. для курс. проектування. – К., 2002. – 257 с.: іл.

3. *Датчики*: Справочник / З. Ю. Готра, Л. Я.Ильницький, Е. С.Полищук и др. / Под ред. З. Ю. Готры, О. И. Чайковского. – Л.: Каменяр, 1995. – 312 с.

4. *ДСТУ 2681–94*. Метрологія. Терміни та визначення. – Чинний від 26.07.1994. – К.: Держстандарт України, 1994. – 68 с.

5. *ДСТУ Б А.2.4–3:2009*. Правила виконання робочої документації автоматизації технологічних процесів. Чинний від 23.01.2009. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 54 с.

6. *Ротач В. Я.* Теория автоматического управления [Текст]: учеб. для студ. вузов / В. Я. Ротач. – Москва: Изд. МЭИ, 2004. – 400 с. – Библиогр.: с. 394. – ISBN 978-5-903072-69-9.

7. Вікіпедія – вільна енциклопедія [Електронний ресурс] // <http://ua.wikipedia.org>

8. **А. І. Жученко, Т. В. Аверіна** Методичні вказівки до дипломного проектування для студентів спеціальності «Автоматизоване управління технологічними процесами» напряму «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» /Жученко А.І., Т.В.Аверіна – К.: КПІ, 2009. -40 с

9. **Т.В.Аверіна М.В.Лукінюк В.М.Ковалевський А.І.Кубрак** Методичні вказівки до дипломного проектування для студентів спеціальності «Автоматизоване управління технологічними процесами» напряму «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технологічні комплекси» /

					ДП-1.ЛІА-5114.000.001	
3	А	№ докум.	Підп	Д		

Уклад.: Т.В.Аверіна, М.В.Лукінюк, В.М.Ковалевський, Кубрак А.І. - К.: КІП,  
2007.

					ДП-1.ЛІА-5114.000.001	
3	А	№ докум.	Підп	Д		

					ДП-1.ЛІА-5114.000.001	
3	А	№ докум.	Підп	Д		